

SEMICONDUCTOR MEMORY DEVICE AND SEMICONDUCTOR DATA PROCESSER

Patent number: JP9128970

Publication date: 1997-05-16

Inventor: MIZUNO HIROYUKI; TACHIBANA MASARU; ISHIBASHI KOICHIRO;
OSADA KENICHI

Applicant: HITACHI LTD

Classification:

- International: G11C11/41

- european:

Application number: JP19960123070 19960517

Priority number(s):

Also published as:

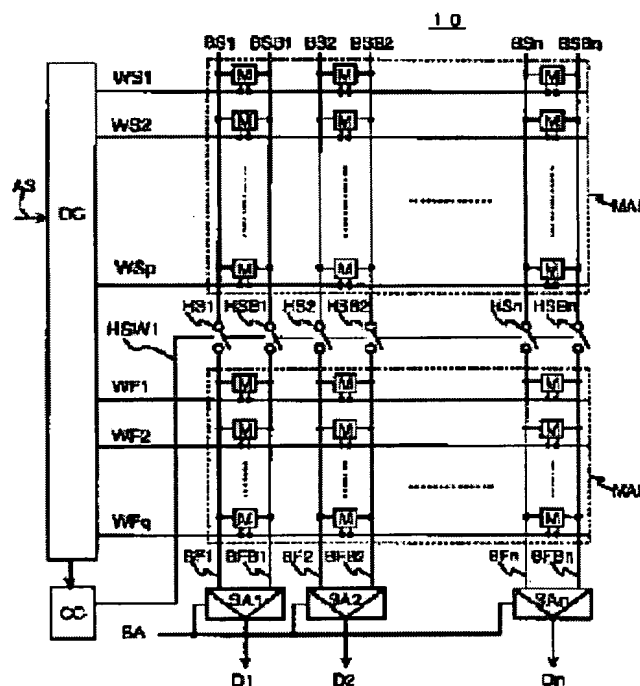
US5943284 (A)

Report a data error h

Abstract of JP9128970

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a memory structure and circuit which solves both the slowdown due to the lowering of voltage and the increase of circuit scale at the time when a hierarchical structure is used.

SOLUTION: Bit lines of two or more memory cell arrays (a first memory cell array MAF and a second memory cell array MAS) in which plural memory cells storing information are connected with hierarchical switches HS1 and HSB1 (amplifying function is allowed). And the sense amplifier SA1 is connected to the bit lines of the first memory cell array MAF. When three memory cell arrays (described as the first-, second- and third memory cells) are connected by hierarchical switches, the bit lines of the third memory cell array can be connected to a sense amplifier SA1T.



Data supplied from the esp@cenet database - Patent Abstracts of Japan

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-128970

(43) 公開日 平成9年(1997)5月16日

(51) Int. Cl.⁶

G11C 11/41

識別記号

庁内整理番号

F I

G11C 11/34

技術表示箇所

301E

審査請求 未請求 請求項の数22 O L (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願平8-123070

(22) 出願日 平成8年(1996)5月17日

(31) 優先権主張番号 特願平7-223015

(32) 優先日 平7(1995)8月31日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 水野 弘之

東京都国分寺市東壺ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 橋 大

東京都国分寺市東壺ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 石橋 孝一郎

東京都国分寺市東壺ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

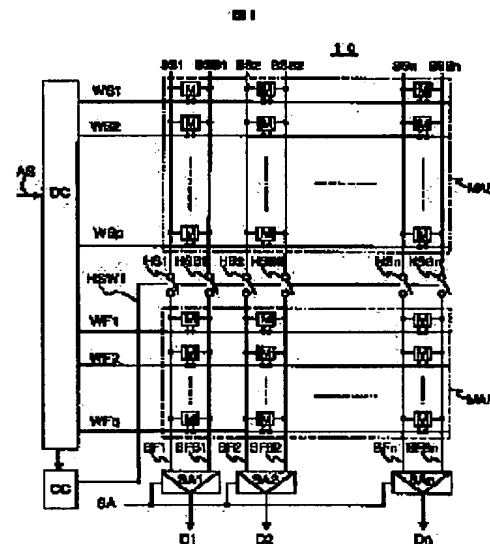
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体メモリ装置及び半導体データ処理装置

(57) 【要約】

【課題】 低電圧化による速度低下と、階層化したときの回路規模の増大問題を共に解決するメモリ構造・回路を提供する。

【解決手段】 情報を記憶する複数のメモリセルがアレイ状に形成された2つ以上のメモリセルアレイ(第1メモリセルアレイMAFと第2メモリセルアレイMAS)のビット線を階層スイッチHS1、HS-B1(増幅機能があってもよい)によって接続する。センスアンプSA1は第1メモリセルアレイMAFのビット線に接続する。3つのメモリセルアレイ(第1メモリセルアレイと第2メモリセルアレイと第3メモリセルアレイと記す)を階層スイッチによって接続した場合、第3メモリセルアレイのビット線にもセンスアンプSA1Tを接続してもよい。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数のワード線と、第 1 のビット線対と、該複数のワード線と該第 1 のビット線対との交点に配置される複数のメモリセルとを含んで構成される第 1 のメモリアレイと、

複数のワード線と、第 2 のビット線対と、該複数のワード線と該第 2 のビット線対との交点に配置される複数のメモリセルとを含んで構成される第 2 のメモリアレイと、

上記第 2 のビット線対に出力される信号を増幅するセンスアンプと、

上記第 1 のビット線対と上記第 2 のビット線対との接続を制御するスイッチ手段とを有し、

上記第 1 のビット線対に出力される信号は、上記スイッチ手段及び上記第 2 のビット線対を介し上記センスアンプに伝達されるよう構成されたことを特徴とする半導体メモリ装置。

【請求項 2】 上記半導体メモリ装置は、所定のアドレス信号によって、上記第 1 のメモリアレイ及び上記第 2 のメモリアレイに含まれる複数のワード線の中から単一のワード線が選択されるよう構成されたことを特徴とする請求項 1 記載の半導体メモリ装置。

【請求項 3】 複数のワード線と、第 1 のビット線対と、該複数のワード線と該第 1 のビット線対との交点に配置された複数のメモリセルとを含んで構成される第 1 のメモリアレイと、

複数のワード線と、第 2 のビット線対と、該複数のワード線と該第 2 のビット線対との交点に配置された複数のメモリセルとを含んで構成される第 2 のメモリアレイとを有し、

上記第 2 のメモリアレイに含まれるワード線の数は、上記第 1 のメモリアレイに含まれるワード線の数に比べ少ない本数により構成され、

上記第 1 のビット線対と上記第 2 のビット線対とは、制御信号によりその導通状態が制御されるスイッチ手段を介して接続されて構成されたことを特徴とする半導体メモリ装置。

【請求項 4】 上記第 1 のメモリアレイに含まれるワード線が選択状態とされる時間は、上記第 2 のメモリアレイに含まれるワード線が選択状態とされる時間に比べ長く設定されて構成されたことを特徴とする請求項 3 記載の半導体メモリ装置。

【請求項 5】 上記第 2 のビット線対の長さは、上記第 1 のビット線対の長さよりも短いことを特徴とする請求項 3 記載の半導体メモリ装置。

【請求項 6】 複数のワード線からなる第 1 及び第 2 のワード線群と、

複数のビット線対からなる第 1 及び第 2 のビット線対群と、

上記第 1 のワード線群と上記第 1 のビット線対群との交

点及び上記第 2 のワード線群と上記第 2 のビット線対群との交点にマトリクス状に配置された複数のメモリセルと、

上記第 1 のビット線対群の各ビット線対と上記第 2 のビット線対群の各ビット線対とは第 1 のスイッチ手段を介して接続されてなることを特徴とする半導体メモリ装置。

【請求項 7】 上記第 2 のビット線対群の各ビット線対は第 2 のスイッチ手段を介してセンスアンプに接続されてなり、

上記第 1 のビット線対群のビット線の信号は、上記第 2 のビット線対群のビット線を介して上記センスアンプに伝達されることを特徴とする請求項 6 記載の半導体メモリ装置。

【請求項 8】 上記センスアンプは、上記第 2 のビット線対群の各ビット線に対応して複数設けられたことを特徴とする請求項 7 記載の半導体メモリ装置。

【請求項 9】 上記第 2 のワード線群のワード線の数は、上記第 1 のワード線群のワード線の数より少ないことを特徴とする請求項 6 記載の半導体メモリ装置。

【請求項 10】 第 1 及び第 2 及び第 3 のメモリセルアレイと比較器とを有し、

上記第 1 及び第 2 及び第 3 のメモリセルアレイはそれぞれ、複数のワード線と、複数のビット線対と、該複数のワード線と該複数のビット線対との交点に配置された複数のメモリセルとを有し、

上記第 1 のメモリセルアレイの各ビット線対と上記第 2 のメモリセルアレイの各ビット線対とはスイッチ手段を介して接続され、

上記比較器は、アドレス信号と上記第 3 のメモリセルアレイの記憶内容とを比較し、

上記スイッチ手段は、上記比較器での比較結果が一致しない場合に導通状態とされることを特徴とする半導体メモリ装置。

【請求項 11】 第 1 及び第 2 及び第 3 のメモリセルアレイを有し、

上記第 1 及び第 2 及び第 3 のメモリセルアレイはそれぞれ、複数のワード線と、複数のビット線と、該複数のワード線と該複数のビット線の交点に配置された複数のメモリセルを含んで構成され、

上記第 1 のメモリセルアレイのビット線と上記第 2 のメモリセルアレイのビット線とはそれぞれ第 1 のスイッチ手段を介して接続され、

上記第 1 のメモリセルアレイのビット線と上記第 3 のメモリセルアレイのビット線とはそれぞれ第 2 のスイッチ手段を介して接続されてなることを特徴とする半導体メモリ装置。

【請求項 12】 上記半導体メモリ装置はさらに、上記第 2 のメモリセルアレイのビット線に対応して設けられた複数のセンスアンプ回路を有することを特徴とする請求項 11 に記載の半導体メモリ装置。

【請求項 1.3】上記第 2 のメモリアルレイに含まれるワード線の数は、上記第 1 のメモリアルレイに含まれるワード線の数に比べ少なく構成されたことを特徴とする請求項 1.2 に記載の半導体メモリ装置。

【請求項 1.4】上記半導体メモリ装置はさらに、上記第 2 のメモリアルレイに含まれるビット線と電気的に接続された第 1 のセンスアンプと、上記第 3 のメモリアルレイに含まれるビット線と電気的に接続された第 2 のセンスアンプとを有することを特徴とする請求項 1.1 に記載の半導体メモリ装置。

【請求項 1.5】上記第 1 のメモリアルレイに含まれるメモリアルセルの情報は、上記第 1 のスイッチ手段を介して上記第 1 のセンスアンプに伝達され、あるいは、上記第 2 のスイッチ手段を介して上記第 2 のセンスアンプに伝達されることを特徴とする請求項 1.4 に記載の半導体メモリ装置。

【請求項 1.6】上記第 2 のメモリアルレイに含まれる各ビット線の長さは、上記第 1 のメモリアルレイに含まれる各ビット線の長さより短く構成され、上記第 3 のメモリアルレイに含まれる各ビット線の長さは、上記第 1 のメモリアルレイに含まれる各ビット線の長さより短く構成されたことを特徴とする請求項 1.4 に記載の半導体メモリ装置。

【請求項 1.7】複数の第 1 のワード線と、第 1 のビット線対と、該複数のワード線と該第 1 のビット線対との交点に配置される複数のメモリアルセルとを含んで構成される第 1 のメモリアルレイと、複数の第 2 のワード線と、第 2 及び第 3 のビット線対と、該複数のワード線と該第 2 及び第 3 のビット線対との交点に配置され、上記第 2 及び第 3 のビット線対に接続される複数のデュアルポートメモリアルセルとを含んで構成される第 2 のメモリアルレイと、上記第 1 のビット線対と上記第 2 のビット線対との間に接続された第 1 のスイッチ手段と、上記第 1 のビット線対と上記第 3 のビット線対との間に接続された第 2 のスイッチ手段と、上記第 2 のビット線対の出力を増幅する第 1 のセンスアンプ回路と、上記第 3 のビット線対の出力を増幅する第 2 のセンスアンプ回路とを有することを特徴とする半導体メモリ装置。

【請求項 1.8】複数の第 1 のワード線と、第 1 のビット線対と、該複数のワード線と該第 1 のビット線対との交点に配置される複数のメモリアルセルとを含んで構成される第 1 のメモリアルレイと、複数の第 2 のワード線と、第 2 のビット線対と、該複数のワード線と該第 2 のビット線対との交点に配置される複数のメモリアルセルとを含んで構成される第 2 のメモリアルレイと、上記第 1 のビット線対と第 1 のスイッチ手段を介して接

続され、上記第 2 のビット線対と第 2 のスイッチ手段を介して接続される第 3 のビット線対とを有し、

上記第 2 のビット線対の長さは上記第 1 のビット線対の長さより短く構成されたことを特徴とする半導体メモリ装置。

【請求項 1.9】上記半導体メモリ装置はさらにセンスアンプを有し、

上記センスアンプは上記第 3 のビット線対と電気的に接続され、

上記第 1 又は第 2 のビット線対の出力は上記第 3 のビット線対を介して上記センスアンプに伝達され増幅されるよう構成されたことを特徴とする請求項 1.8 に記載の半導体メモリ装置。

【請求項 2.0】第 1、第 2、第 3 及び第 4 のメモリアルレイと比較器とを有し、

上記第 1、第 2、第 3 及び第 4 のメモリアルレイはそれぞれ、複数のワード線と、複数のビット線対と、該複数のワード線と該複数のビット線対との交点に配置された複数のメモリアルセルとを有し、

上記第 1 のメモリアルレイの各ビット線対と上記第 2 のメモリアルレイの各ビット線対とは第 1 のスイッチ手段を介して接続され、

上記第 3 のメモリアルレイの各ビット線対と上記第 4 のメモリアルレイの各ビット線対とは第 2 のスイッチ手段を介して接続され、

アドレス信号と上記第 2 のメモリアルレイの記憶内容とを上記比較器で比較し、上記比較器での比較結果が一致しない場合には上記第 1 及び第 2 のスイッチ手段は導通状態とされることを特徴とする半導体装置。

【請求項 2.1】CPU と、前記 CPU にバスを介して接続される記憶装置とを単一の半導体基板上に形成する半導体データ処理装置であって、

前記記憶装置は、同一アドレスに複数のアドレスデータを格納する第 1 のタグラレイと、同一アドレスに複数のデータを格納する第 1 のデータアレイと、同一アドレスに複数のアドレスデータを格納する第 2 のタグラレイと、同一アドレスに複数のデータを格納する第 2 のデータアレイと、前記バスから入力されるアドレス信号と前記第 1 又は第 2 のタグラレイに格納されるアドレスデータとを比較する複数の比較器とを有し、

前記第 1 のタグラレイのビット線と前記第 2 のタグラレイのビット線とは第 1 のスイッチ手段を介して接続され、

前記第 1 のデータアレイのビット線と前記第 2 のデータアレイのビット線とは第 2 のスイッチ手段を介して接続され、

前記第 1 のタグラレイ及び第 1 のデータアレイのビット線にセンスアンプがそれぞれ接続され、

前記第 1 のデータアレイのビット線に接続されるセンスアンプの出力は前記バスに接続されていることを特徴と

する半導体データ処理装置。

【請求項22】請求項21に記載の第1及び第2のタグアレイと第1及び第2のデータアレイを構成するメモリセルは、入出力が交差接続された一対のCMOSインバータ回路と該インバータ回路の出力を前記ビット線と選択的に接続する一対のトランスファゲート回路とから構成されることを特徴とする半導体データ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は半導体集積回路装置に係わり、特に高速かつ低消費電力動作に適した半導体メモリ装置及びそれを用いたマイクロコンピュータやマイクロプロセッサ等の半導体データ処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】低消費電力化技術は、特に、PDA(Personal Digital Assistant)や携帯用パソコン等の携帯情報機器においてはバッテリー寿命を延ばす上でなくてはならないものである。また、ハイエンドマイクロコンピュータにおいても、電力消費からくる発熱の問題はデバイスの信頼性を劣化するという意味で重要になってきている。

【0003】メモリ回路の低消費電力化技術としては、例えば、1990 シンポジウム オン ブイ・エル・エス・アイ サーキット ダイジェスト オブ テクニカルペーパーズ、第53頁から第54頁(1990 Symposium on VLSI Circuit, Digest of Technical Papers (1990) pp. 53-54) (以下、従来技術(1)という。)に記載されているように、電源電圧を低くするという方式が知られている。

【0004】また、1994 アイ・イー・イー・イー シンポジウム オン ロウ パワーエレクトロニクス ダイジェスト オブ テクニカル ペーパーズ、第16頁から第17頁(1994 IEEE Symposium on Low Power Electronics, Digest of Technical Papers (1994) pp. 16-17) (以下、従来技術(2)という。)に記載されているように、メモリを多層に階層化したアーキテクチャで、容量の小さいメモリを複数置く方法がある。一般に記憶容量の小さいメモリは、ビット線等の負荷抵抗及び負荷容量を小さく構成できるため小さい消費電力で動作可能である。従って、この従来例では、記憶容量の小さいメモリを分散して複数用いることでメモリの低消費電力化を図っている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】マイクロコンピュータやマイクロプロセッサ等の半導体データ処理装置に内蔵されるメモリは大容量化の方向にある。その結果、内蔵メモリのメモリアレイのビット線に接続されるメモリセル

の数が多くなり(負荷が大きくなり)、アクセスタイムが増大する。従って、アクセスタイムを減少するためには、メモリセルの電流を増大させる必要がある。メモリセルの電流を増大させることは、MOS(Metal-Oxide-Semiconductor)トランジスタのしきい値電圧を下げることで実現できる。

【0006】しかし、しきい値電圧を下げることは、電源電圧が1V等の低電圧領域においては、下記の問題点があることが本願発明者によって明らかにされた。

【0007】図14には、電源電圧が1Vの場合のしきい値電圧(V_{th})が0.5V及び0.3Vについてのメモリセルの静的雑音余裕が示されている。図14に示されるように、 $V_{th}=0.5V$ で静的雑音余裕が0.4V、 $V_{th}=0.3V$ で静的雑音余裕が0.25Vである。すなわち、しきい値電圧を0.2V減少させると静的雑音余裕が3.8%減少する。そのため、信頼性の観点からメモリセルを構成するMOSトランジスタのしきい値電圧を下げることはできないという問題点がある。

【0008】さらに、低電圧動作において、大容量のメモリを用いると、下記の問題点があることが本願発明者によって明らかにされた。

【0009】図15には、16Kバイトの2次キャッシュメモリ(L2-cache)と2Kバイトの1次キャッシュメモリ(L1-cache)における、読み出し速度の電源電圧依存性が示される。円グラフは、ビット線対に所定の電位差が生じるまでの時間(センスアンプが起動可能までの時間、以下、メモリセル時間という。)が全体の読み出し時間に占める割合(メモリセル電流能力を表している)を示している。

【0010】電源電圧が2.5V等の比較的高い電圧領域においては、図15に示すように1次キャッシュメモリと2次キャッシュメモリのメモリセル時間が占める割合は30%以下と少ない。しかし、電源電圧が1V等の低電圧領域においては、図15に示すように2次キャッシュメモリのメモリセル時間が占める割合が50%を越えてしまう。つまり、電源電圧が1V等の低電圧領域での読み出し時間を改善するためには、メモリセルの電流を大きくする必要がある。しかし、前述したようにメモリセルを構成するMOSトランジスタのしきい値電圧を下げることはできない。

【0011】従来技術(1)では、電源電圧を1Vで動作可能なメモリについて記載されているが、本願発明者によって見いだされた前記課題の記載はない。

【0012】また、従来技術(2)に述べたように、記憶容量の小さいメモリを複数配置する方法では、個々のメモリに対しデコーダ等の周辺回路が必要となり回路規模が増大するといった問題が生ずる。また、メモリアレイ自身の消費電力は低減できるがメモリの複数配置に伴って増加した周辺回路等の消費電力が増加するといった問題が生じる。

【0013】従って、従来知られている技術では、低消費電力化、動作の高速化、回路規模の縮小といった課題をともに解決することは困難である。

【0014】本発明の目的は、高速かつ低消費電力で動作する半導体メモリ装置及びそれを内蔵した半導体データ処理装置を実現することにある。本発明の別の目的は、低電圧化による速度低下の問題を解決するメモリ構造・回路を提供することにある。

【0015】本発明の別の目的は、メモリを階層化したときの回路規模の増大問題を解決するメモリ構造・回路を提供することにある。

【0016】本発明の別の目的は、マイクロプロセッサ等のデータ処理装置の内蔵に適したキャッシュメモリを提供することにある。

【0017】本発明の前記並びにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述及び添付図面から明かになるであろう。

【0018】

【課題を解決するための手段】本願において開示される発明のうち代表的なものの概要を簡単に説明すれば下記の通りである。

【0019】(1) 半導体メモリ装置は、複数のワード線(W_{S1}等)と、第1のビット線対(B_{S1}、B_{SB1}等)と、該複数のワード線と該第1のビット線対との交点に配置される複数のメモリセル(M)とを含んで構成される第1のメモリアレイ(MA_S)と、複数のワード線(W_{F1}等)と、第2のビット線対(B_{F1}、B_{F_B1}等)と、該複数のワード線と該第2のビット線対との交点に配置される複数のメモリセル(M)とを含んで構成される第2のメモリアレイ(MA_F)と、前記第2のビット線対に出力される信号を増幅するセンスアンプ(SA₁等)と、前記第1のビット線対と上記第2のビット線対との接続を制御するスイッチ手段(H_{S1}等)とを有し、前記第1のビット線対に出力される信号は、前記スイッチ手段及び前記第2のビット線対を介し前記センスアンプに伝達されるよう構成される。

【0020】(2) 半導体メモリ装置は、複数のワード線(W_{S1}等)と、第1のビット線対(B_{S1}、B_{SB1}等)と、該複数のワード線と該第1のビット線対との交点に配置された複数のメモリセル(M)とを含んで構成される第1のメモリアレイ(MA_S)と、複数のワード線(W_{F1}等)と、第2のビット線対(B_{F1}、B_{F_B1}等)と、該複数のワード線と該第2のビット線対との交点に配置された複数のメモリセル(M)とを含んで構成される第2のメモリアレイ(MA_F)とを有し、前記第2のメモリアレイに含まれるワード線の数は、前記第1のメモリアレイに含まれるワード線の数に比べ少ない本数により構成され、前記第1のビット線対と前記第2のビット線対とは、制御信号(H_{SW1})によりその導通状態が制御されるスイッチ手段(H_{S1}等)を介

して接続されて構成される。

【0021】(3) 半導体メモリ装置は、複数のワード線からなる第1及び第2のワード線群と、複数のビット線対からなる第1及び第2のビット線対群と、前記第1のワード線群と前記第1のビット線対群との交点及び上記第2のワード線群と上記第2のビット線対群との交点にマトリクス状に配置された複数のメモリセル(M)と、前記第1のビット線対群の各ビット線対(B_{S1}、B_{SB1}等)と前記第2のビット線対群の各ビット線対(B_{F1}、B_{F_B1}等)とは第1のスイッチ手段(H_{S1}等)を介して接続される。

【0022】(4) 半導体メモリ装置は、第1、第2及び第3のメモリセルアレイ(DA_S、DA_F、TA_F)と比較器(CMP₁)とを有し、前記第1、第2及び第3のメモリセルアレイはそれぞれ、複数のワード線と、複数のビット線対と、該複数のワード線と該複数のビット線対との交点に配置された複数のメモリセルとを有し、前記第1のメモリセルアレイの各ビット線対と前記第2のメモリセルアレイの各ビット線対とはスイッチ手段(DH)を介して接続され、前記比較器は、アドレス信号と前記第3のメモリセルアレイの記憶内値とを比較し、前記スイッチ手段は、前記比較器での比較結果が一致しない場合に導通状態とされるよう構成される。

【0023】(5) 半導体メモリ装置は、第1及び第2及び第3のメモリセルアレイ(MA_S、MA_F、MA_T)とを有し、前記第1及び第2及び第3のメモリセルアレイはそれぞれ、複数のワード線(W_{S1}、W_{F1}、W_{T1}等)と、複数のビット線(B_{S1}、B_{F1}、B_{T1}等)と、該複数のワード線と該複数のビット線との交点に配置された複数のメモリセル(M)とを含んで構成され、前記第1のメモリセルアレイのビット線と前記第2のメモリセルアレイのビット線とはそれぞれ第1のスイッチ手段(H_{S1}等)を介して接続され、前記第1のメモリセルアレイのビット線と前記第3のメモリセルアレイのビット線とはそれぞれ第2のスイッチ手段(H_{T1}等)を介して接続されて構成される。

(6) 半導体メモリ装置は、複数の第1のワード線(W_{S1}等)と、第1のビット線対(B_{S1}、B_{SB1}等)と、該複数のワード線と該第1のビット線対との交点に配置される複数のメモリセル(M)とを含んで構成される第1のメモリアレイ(MA_S)と、複数の第2のワード線(W_{F1}等)と、第2及び第3のビット線対(B_{F1}、B_{F_B1}、B_{F1T}、B_{F_B1T}等)と、該複数のワード線と該第2及び第3のビット線対との交点に配置され、上記第2及び第3のビット線対に接続される複数のデュアルポートメモリセル(D)とを含んで構成される第2のメモリアレイ(MA_F)と、前記第1のビット線対と上記第2のビット線対との間に接続された第1のスイッチ手段(H_{S1}等)と、前記第1のビット線対と前記第3のビット線対との間に接続された第2のスイッ

チ手段（H U 1等）と、前記第2のビット線対の出力を増幅する第1のセンスアンプ回路（S A 1等）と、前記第3のビット線対の出力を増幅する第2のセンスアンプ回路（S A 1 U等）とを有する。

【0024】（7）半導体メモリ装置は、複数の第1のワード線（W S 1等）と、第1のビット線対（S S 1、S S B 1等）と、該複数のワード線と該第1のビット線対との交点に配置される複数のメモリセル（M）とを含んで構成される第1のメモリアレイ（M A S）と、複数の第2のワード線（W F 1等）と、第2のビット線対（S F 1、S F B 1等）と、該複数のワード線と該第2のビット線対との交点に配置される複数のメモリセル（M）とを含んで構成される第2のメモリアレイ（M A F）と、前記第1のビット線対と第1のスイッチ手段（H F 1等）を介して接続され、上記第2のビット線対と第2のスイッチ手段（H E 1等）を介して接続される第3のビット線対（B F 1、B F B 1等）とを有し、前記第2のビット線対の長さは前記第1のビット線対の長さより短く構成される。

【0025】（8）半導体装置は、第1、第2、第3及び第4のメモリアルレイと比較器とを有し、上記第1、第2、第3及び第4のメモリアルレイはそれぞれ、複数のワード線と、複数のビット線対と、該複数のワード線と該複数のビット線対との交点に配置された複数のメモリセルとを有し、上記第1のメモリアルレイの各ビット線対と上記第2のメモリアルレイの各ビット線対とは第1のスイッチ手段を介して接続され、上記第3のメモリアルレイの各ビット線対と上記第4のメモリアルレイの各ビット線対とは第2のスイッチ手段を介して接続され、アドレス信号と上記第2のメモリアルレイの記憶内容とを上記比較器で比較し、上記比較器での比較結果が一致しない場合には上記第1及び第2のスイッチ手段は導通状態とされるように構成される。

【0026】（9）半導体データ処理装置は、CPUと、前記CPUにバスを介して接続される記憶装置とを単一の半導体基板上に形成し、前記記憶装置は、同一アドレスに複数のアドレスデータを格納する第1のタグアレイと、同一アドレスに複数のデータを格納する第1のデータアレイと、同一アドレスに複数のアドレスデータを格納する第2のタグアレイと、同一アドレスに複数のデータを格納する第2のデータアレイと、前記バスから入力されるアドレス信号と前記第1又は第2のタグアレイに格納されるアドレスデータとを比較する複数の比較器とを有し、前記第1のタグアレイのビット線と前記第2のタグアレイのビット線とは第1のスイッチ手段を介して接続され、前記第1のデータアレイのビット線と前記第2のデータアレイのビット線とは第2のスイッチ手段を介して接続され、前記第1のタグアレイ及び第1のデータアレイのビット線にセンスアンプがそれぞれ接続され、前記第1のデータアレイのビット線に接続される

センスアンプの出力は前記バスに接続されるように構成される。

【0027】（1）スイッチ手段（H S 1等）を導通状態とすることによって、大容量のメモリアレイとして使用できる。スイッチ手段（H S 1等）を遮断状態とすることによって、第1のメモリアレイ（M A F）のビット線が切り放され、第2のメモリアレイ（M A S）のビット線の負荷を軽減することができるので、第2のメモリアレイ（M A F）のメモリセルは第1のメモリアレイ（M A S）のメモリセルより速く読み出せる。読み出す頻度の高い情報を第2のメモリアレイ（M A F）中に格納しておけば、その情報を選択的に速く読み出せる。また、ビット線の負荷が小さいので、第2のメモリアレイ（M A F）内のメモリセルをアクセスするのに必要な消費電力は、第1のメモリアレイ（M A S）内のメモリセルをアクセスするときよりも小さく抑えることができる。また、第2のメモリアレイにアクセス頻度の大きいデータを格納するようにすれば、アクセス頻度を考慮した実効的な消費電力を大幅に低減できる。

【0028】（2）第2のメモリアレイ（M A F）に含まれるワード線の数を第1のメモリアレイ（M A S）に含まれるワード線の数より少なくすると、第2のメモリアレイ（M A F）の記憶容量が小さくなる。第1のメモリアレイ（M A S）内の情報は第2のメモリアレイ（M A F）内の情報を包含するようにすれば、第2のメモリアレイ（M A F）を第1のメモリアレイ（M A S）のキャッシュメモリのように用いることができ、第1のメモリアレイ（M A S）内の情報のうち使用頻度の高い情報を第2のメモリアレイ（M A F）内に格納すれば、実効的に高速化でき、消費電力も低減できる。

【0029】（3）第2のメモリアレイ（D A F）を1次キャッシュメモリのデータアレイに用い、第1のメモリアレイ（D A S）を2次キャッシュメモリのデータアレイ又は主記憶として用い、第3のメモリアレイ（T A F）を1次キャッシュメモリのタグアレイに用い、第3のメモリアレイ（T A F）に所望のアドレスデータがない場合に、スイッチ手段を導通状態とすることによって、2次キャッシュメモリ又は主記憶のデータを読み出すことができる。

【0030】（4）第3のメモリアレイ（M A T）、第1のメモリアレイ（M A S）、第2のメモリアレイ（M A F）の間に第2のスイッチ手段（H T 1等）と第1のスイッチ手段（H S 1等）とで各メモリアレイを接続し、第1のメモリアレイ（M A S）と第2のメモリアレイ（M A F）との間の第1のスイッチ手段（H S 1等）を遮断状態とすることにより、第2のメモリアレイ（M A F）からの読み出しは、第1のメモリアレイ（M A S）、第3のメモリアレイ（M A T）からの読み出しよりも速く読み出せる。また、第3のメモリアレイと第1のメモリアレイとの間の第2のスイッチ手段（H T 1

等)を遮断状態にし、第1のメモリアレイ(MAS)と第2のメモリアレイ(MAF)との間の第1のスイッチ手段(HS1等)を導通状態にすることにより、第1のメモリアレイ(MAS)は、第3のメモリアレイ(MAT)からの読み出しよりも速く読み出せる。アクセス頻度の高い情報を、第2のメモリアレイ(MAF)や第1のメモリアレイ(MAS)に格納しておけば高速な読み出しが実現できる。消費電力についても、第2のメモリアレイ(MAF)、第1のメモリアレイ(MAS)、第3のメモリアレイ(MAT)の順番で、第2のメモリアレイ(MAF)へのアクセスが一番小さくなる。

(5) 第1のメモリアレイ(MAS)内の情報に、第2のメモリアレイ(MAF)内の情報と第3のメモリアレイ(MAT)内の情報の包含関係を持たせ、第3のメモリアレイ(MAT)にセンスアンプ(SA11)を接続すると、デュアルポート化できる。シングルポートのメモリセルMを用いて高確率にデュアルポートアクセスできる。これはまたキャッシュメモリとして用いることができ、デュアルポートキャッシュメモリも実現できる。第2のメモリアレイ(MAF)のビット線は第1のメモリアレイ(MAS)のビット線と分離でき、第3のメモリアレイ(MAT)のビット線は第1のメモリアレイ(MAS)のビット線と分離できるので、消費電力についても低減でき、読み出し速度に対しても、第2のメモリアレイ(MAF)および第3のメモリアレイ(MAT)へのアクセスは高速に行える。さらにこのデュアルポートキャッシュメモリの二つのポートをインストラクションバスとデータバスに接続すれば、命令キャッシュとデータキャッシュを兼ね備えたキャッシュメモリが実現でき、実効的にセパレートキャッシュと同様のパフォーマンスをユニファイキャッシュで実現できる。

【0031】(6) 第1のメモリアレイ(MAS)とデュアルポートメモリの第2のメモリアレイ(MAF)とを第1のスイッチ手段(HS1等)と第2のスイッチ手段(HU1等)で接続する。第2のメモリアレイ(MAF)をデュアルポート化しているので、メモリアクセスの局所性より、ほとんどのアクセスはデュアルポート構造になっている第2のメモリアレイ(MAF)へのアクセスになり、第2のメモリアレイ(MAF)の容量は小さく抑えることができるため、多ポートメモリセルによる面積増加を抑えることができる。

【0032】(7) 第1のメモリアレイ(MAS)と第2のメモリアレイ(MAF)を共通のビット線にそれぞれ、第1のスイッチ手段(HF1)と第2のスイッチ手段(HE1)によって接続され、第2のメモリアレイ側の共通ビット線にセンスアンプ(SA1)が接続されるため、第2のスイッチ手段を開閉すれば、第2のメモリアレイのビット線の負荷がなくなるので、第1のメモリアレイの読み出しが速くなる。

【0033】(8) 第2のメモリアレイ(TAF)と第

1のメモリアレイ(TAS)をタグアレイに用い、第4のメモリアレイ(DAF)と第3のメモリアレイ(DAS)をデータアレイに用いれば、第2のメモリアレイ(TAF)、第4のメモリアレイ(DAF)を第1メモリアレイ(TAS)、第3のメモリアレイ(DAS)のキャッシュメモリとして動作させることができ、1次キャッシュメモリ(TAF、DAF)と2次キャッシュメモリ(TAS、DAS)を備えたキャッシュメモリが実現できる。1組のタグアレイとデータアレイを用いれば、ダイレクトマップ方式のキャッシュメモリが実現でき、複数組のタグアレイとデータアレイを用いれば、セット・アソシアティブ方式のキャッシュメモリが実現できる。

【0034】

【発明の実施の形態】以下、図を参照して本発明の具体的な実施例を説明する。

【0035】《第1の実施例》図1は本発明の第1の実施例であるメモリ装置の構成を示す。図1に示したメモリ装置10は、単結晶シリコンなどで形成された単一の半導体基板上に形成されているもので、特に制限されないが、樹脂(プラスチック)又はセラミックを用いることにより単一のパッケージに封入されるものである。なお、第2から第10の実施例のメモリ装置も、第1の実施例同様に単結晶シリコンなどで形成された単一の半導体基板上に形成され、樹脂(プラスチック)又はセラミックを用いることにより単一のパッケージに封入される。樹脂封止するためには、消費電力が1W以下が望ましいが、最大でも1.5W以下である必要がある。樹脂封止が可能であれば、製造コスト及び販売価格を低くすることができる。

【0036】Mはメモリセルであり、MAS、MAFは複数のメモリセルがマトリクス状に配置されたメモリセルアレイである。特に制限されないが、本実施例のメモリセルMはいわゆるスタティック型のメモリセルであり入出力が交差接続された一対のインバータ回路と後述するワード線の選択状態によりインバータ回路の出力を後述するビット線と選択的に接続する一対のスイッチ手段とから構成されているものである。メモリセルMを構成するインバータ回路は駆動用MISトランジスタと高抵抗多結晶シリコンまたはMIS(Metal-Insulator-Semiconductor)トランジスタにより構成された負荷素子により構成し、スイッチ手段はMISトランジスタにより構成された転送トランジスタにより構成することができる。CPU(Central Processing Unit)等と同一の半導体基板上に形成するいわゆるオンチップのメモリ装置の場合には、他の論理回路等を構成するトランジスタとの製造プロセスの整合性から半導体基板に形成したCMOSトランジスタによりメモリセルを構成するいわゆる完全CMOS型のメモリセルを用いることが好適である。また、CPU等とは別のチップ上にメモリ機能に必要な

回路のみで構成されるいわゆるオフチップのメモリ装置を構成する場合には、集積度の観点から、高抵抗を負荷素子に用いるメモリセルや多結晶シリコンにより形成したPMOS (P-channel MOS) を負荷素子に用いるメモリセルが好適である。さらにまた、電源電圧が1V等の低電圧では、しきい値電圧によるハイレベルの電位の低下を防ぐためいわゆる完全CMOS型のメモリセルを用いることが好適である。

【0037】また、WS1からWS_n及びWF1からWF_nはワード線であり、オフチップのメモリ装置の場合は、メモリ装置の外部から図示しないアドレス入力端子に印加されたアドレス信号ASがデコーダ回路DCによりデコードされ、アドレス信号ASに対応したワード線 (WS1からWF_nの中の一本) が選択状態に駆動されるよう構成されている。オンチップのメモリ装置の場合は、チップ内のアドレスバスに印加されたアドレス信号ASがデコーダ回路DCに入力される。

【0038】また、BS1からBS_n及びBF1からBF_nはビット線であり、同一のメモリセルに1対のビット線が接続されている。メモリアレイMASを構成するビット線 (BS1からBS_n) は後述する階層スイッチHSB1からHSB_nを介して、メモリアレイMAFを構成するビット線 (BF1からBF_n) に選択的に接続される。

【0039】また、図示していないがビット線BS1からBS_n及びBF1からBF_nにはそれぞれ各ビット線対を電源電圧レベルに充電するプリチャージ手段と各ビット線対を短絡してその電位差を縮小するイコライズ手段とが接続され、情報の読み出し前に各ビット線対の電位を揃え、読み出し動作を高速度できるように構成されている。

【0040】また、本実施例においては、多ビット (nビット) を同時に読み出す構成としているため、各ビット線対とセンスアンプとの接続を制御するカラム選択スイッチは図示していない。これに限らず、複数のビット線対によってセンスアンプを共有する場合には、複数のビット線対を共通データ線対により共通のセンスアンプに接続し、各ビット線対の接続をカラム選択スイッチによって選択するよう構成することも可能である。また、SA1からSA_nは1対の入力端子が1対のビット線に接続されるセンスアンプである。本実施例においては、選択されたワード線に接続されたメモリセル全てからデータを読み出す形式をとるため、センスアンプは各ビット線対ごとに配置されている。メモリセルに記憶されたデータを読み出す場合には、選択されたワード線に接続されたメモリセルのデータがビット線対を通してセンスアンプに送られ、センスアンプがこのデータを増幅し出力する。オフチップのメモリ装置の場合は、センスアンプの出力は直接メモリ装置の外に他のセンスアンプ又は出力バッファ回路及び出力端子を介して送出され

る。オンチップのメモリ装置の場合は、センスアンプの出力はバッファ回路等を介してチップ内のデータバスに送出される。これらセンスアンプは、その動作による消費電力を低減させるためセンスアンプ起動信号SAによりその活性・非活性状態が制御されている。

【0041】また、HS1からHS_nおよびHSB1からHSB_nは階層スイッチであり、メモリアレイMASを構成するビット線BS1からBS_nとメモリアレイMAFを構成するビット線BF1からBF_nとの間に配置され、それぞれのビット線を選択的に接続するものである。この階層スイッチは例えば、MISトランジスタを用いそのソース電極又はドレイン電極の一方をメモリアレイMAS側のビット線に接続し、ソース電極又はドレイン電極の他方をメモリアレイMAF側のビット線に接続し、制御電極であるゲート電極に後述する制御信号である階層指定信号HSW1が印加されるように構成する。また、階層指定信号HSW1はメモリアレイMAS側のビット線とメモリアレイMAF側のビット線との接続を制御する信号である。特に制限されないが、この階層指定信号HSW1はデコーダ回路DCの出力に基づいて制御回路CCから供給される。

【0042】階層指定信号HSW1がアサートされ各階層スイッチが導通状態とされると、階層スイッチHS1からHS_nおよびHSB1からHSB_nはオン状態になり、ビット線BS1からBS_nはビット線BF1からBF_nに接続され、ビット線BSB1からBSB_nはビット線BFB1からBFB_nに接続され、メモリセルアレイMASとメモリセルアレイMAFが接続される。階層指定信号HSW1がネゲートされ、各階層スイッチが非導通状態とされると、階層スイッチHS1からHS_nおよびHSB1からHSB_nはオフ状態になり、メモリセルアレイMASとメモリセルアレイMAFは切り放される。メモリセルアレイMAFのビット線BF1、BFB1からBF_n、BFB_nはセンスアンプSA1からSA_nに接続されている。

【0043】以下、図2のタイミングチャートを用いて、図1の実施例メモリ装置10の動作を詳しく記述する。

【0044】図2 (a) にメモリセルアレイMAF内の情報を読み出すときのタイミングチャートを示している。メモリアレイMAFの情報を読み出す場合には、メモリセルMAS内の情報を参照する必要はないため、階層指定信号HSW1は始めからネゲートされ、各階層スイッチHS1からHSB_n1は非導通状態とされる。なお、本実施例においては、階層指定信号HSW1は論理“0”レベルにてネゲートとされる。この状態で、所定のアドレス信号に従いメモリアレイMAF内のワード線WF1からWF_nから一つのワード線が選択される (図2ではワード線WF1)。従って、メモリアレイMAF側に所望のデータが存在しない場合のみメモリアレイ

MAS側が選択されるため、消費電力を削減することが可能となる。なお、本実施例においては、MAF側のワード線とMAS側のワード線とは同時に選択されないよう構成しているが、後述するようにMAF側のワード線とMAS側のワード線とを同時に選択するよう構成することもできる。同時に選択するよう構成の場合には、MAF側に所望のデータが存在しない場合でも、既にMAS側のワード線が選択されているため、高速な読み出し動作を達成することができる。

【0045】選択されたワード線に接続されたメモリセルMは上述した転送トランジスタが導通状態となり記憶された情報をビット線対に出力する。ビット線BS1からBSBn及びBF1からBF Bnは読み出し期間の前に予め電源電圧であるハイレベルにプリチャージされているため、ワード線により選択されていないメモリセルMに接続されたビット線（メモリアレイMASのビット線）の電位は電源電圧のまま保たれている（図2においてBS1、BSB1を例示）。

【0046】メモリセルアレイMAFを構成するビット線（例えば、BF1、BF B1）の電位はワード線WF1が選択された後に、メモリセルMに記憶された情報に応じて一方はハイレベルのままとされ他方は徐々にロウレベルに向け低下する。（図2ではBF1、BF B1）。次にセンスアンプ起動信号SAをアサートし増幅動作可能な活性状態にし、センスアンプSA1からSAnを起動すると、前記メモリセル情報（図2（a）では、ビット線BF1とBF B1の電位差）が増幅されデータ出力D1からDnに出力される。

【0047】図2（b）はメモリセルアレイMAS内から情報を読み出す場合のタイミングチャートである。この場合、階層指定信号HSW1はアサートされ（本実施例では論理“1”レベル）ている。この状態で所定のワード線（ワード線WS1からWSqでメモリセルアレイMAS内の一行）が選択され、選択した行のメモリセル情報がビット線BS1、BSB1からBSn、BSBnに読み出される（図2ではBS1、BSB1を例示）。なお、メモリセルアレイMAS内のメモリセルMを選択する場合には、ワード線WS1は図に示すように、メモリセルアレイMAFのメモリセルMを選択する場合に比較してワード線を選択状態とする時間を長くすることによって、比較的ビット線の駆動に時間のかかるメモリセルアレイMASからの読み出し動作を確実に実行できるよう構成することができる。階層スイッチHS1からHSnおよびHSB1からHS Bnがオン状態になっているので、前記メモリセル情報はビット線BF1、BF B1からBF n、BF Bnに反映される。センスアンプ起動信号SAがアサートされ、センスアンプSA1からSAnを起動することにより、前記メモリセル情報（図2（b）ではビット線BS1とBSB1の電位差及びビット線BF1とBF B1の電位差）が増幅されデータ出力

D1からDnに出力される。

【0048】なお、それぞれのメモリアレイへの書き込み動作については、上述した読み出し動作を参照することにより容易に理解できるため、その説明を省略する。また、書き込みのための、バッファ或いはライトアンプはビット線対BF1接続されるが図が複雑になるため省略されている。

【0049】オンチップのメモリ装置の場合には、CPU等のタイミング信号であるクロック信号に同期して、アドレス入力、データ入出力及び制御信号の入力が行われる。

【0050】メモリセルアレイMAF内のデータを読み出す際に、メモリセルにかかるビット線の負荷はビット線BF1からBF nおよびBF B1からBF Bnとなる。一方、メモリセルアレイMAS内のデータを読み出す際に、メモリセルにかかるビット線の負荷はビット線BS1からBSnおよびBSB1からBS Bnとビット線BF1からBF nおよびBF B1からBF Bnの和となる。したがって、メモリセルアレイMAF内のデータを読み出す際に、メモリセルにかかるビット線の負荷は、メモリセルアレイMAS内のデータを読み出す際に、メモリセルにかかるビット線の負荷よりも小さくなるので、メモリセルアレイMAF内のデータを読み出す速度をメモリセルアレイMAS内のデータを読み出す速度よりも速くすることができる。以下、本実施による効果を従来のメモリ装置と比較して説明する。

【0051】図3は一般的なメモリ装置の構成を示す概念図である。メモリ装置30のメモリセルアレイMA1内のメモリセルの数は図1のメモリ装置10のメモリセルの数と同じ数であるとする。従って、ワード線WL1からWLrまでは $r = p + q$ 行となる。階層スイッチHS1からHSnおよびHSB1からHS Bnがないことを除くと、他は図1のメモリ装置10と同じ構造となる。機能的にも図1のメモリ装置10の階層指定信号HSW1をアサートした時と同じになる。したがって、メモリ装置30のメモリセルアレイMA1内のデータを読み出す際に、メモリセルにかかるビット線の負荷はビット線BL1からBLnおよびBL B1からBL Bnとなり、メモリ装置10のメモリアレイMAS内のデータを読み出す際にメモリセルにかかるビット線の負荷とほぼ同一となり、読み出しに時間がかかる。一般に、メモリセルからのデータ読み出し速度は、ビット線の負荷すなわち抵抗と容量に影響される。従って、図1ではメモリアレイMAFがq行、メモリアレイMASがp行なので、メモリセルアレイMAF内のデータの読み出しは、メモリセルアレイMASのデータの読み出しより $(p + q) / q$ 倍速くできる。例えば、メモリセルアレイMAFがq = 16行、メモリセルアレイMASがp = 128行とすると、 $(p + q) / q = 9$ 倍速く読み出せる。これにより、従来ビット線負荷の影響により高速か

つ低消費電力の達成できなかった比較的大容量のメモリであっても、その一部分に高速かつ低消費電力のメモリを包含することができる。

【0052】このように、図1のような本発明の実施例のメモリ装置10を用いることにより、メモセルの一部を他のメモセルよりも速く読み出せるように構成できることを用いて、読み出す頻度の高い情報を高速な読み出しが可能なメモセルアレイ内に格納しておけば、その情報を選択的に速く読み出すことが可能となる。たとえば1.0Vなどの低電源電圧で動作させる場合でも、MOSトランジスタを高しきい値電圧のまま使用しても高速な読み出しが実現できる。

【0053】また当然、メモセルアレイMAF内のメモセルをアクセスするのに必要な消費電力はビット線対の充放電により影響をうけ、ビット線の容量とアクセス頻度によって決定されるため、メモセルアレイMAS内のメモセルをアクセスするよりも小さく抑えることができるので、アクセス頻度を考慮した実効的な消費電力を大幅に低減できる。この階層化に要する回路は階層スイッチ等のごく僅かであり、回路規模の増大は僅かである。

【0054】前述したように、図1の実施例のメモリ装置10において、読み出す頻度の高い情報をメモセルアレイMAF中に格納しておけば、その情報を選択的に速く読み出すことができる。この効果を利用すると、メモセルアレイMAFをメモセルアレイMASのキャッシュメモリのように用いることができる。

【0055】メモセルアレイMAFをメモセルアレイMASのキャッシュメモリのように用いる場合は、 $p > q$ とするのが望ましい。すなわち、メモセルアレイMAFのワード線数はメモセルアレイMASのワード線よりも少なくする。従って、メモセルアレイMAFのビット線BF1、BFB1からBFn、BFBnはメモセルアレイMASのビット線BS1、BSB1からBSn、BSBnより短くなる。すなわち、ビット線の負荷をより小さくできるので、高速読み出し及び低消費電力化が可能となる。

【0056】《第2の実施例》図4には本発明の第2の実施例に係るメモリ装置を示す。本実施例は第1の実施例のメモリ装置をメモセルアレイMAFをメモセルアレイMASのキャッシュメモリに適用した実施例である。本実施例において第1の実施例と重複する説明は省略する。第2の実施例のメモリ装置40もオンチップのメモリ装置及びオフチップのメモリ装置として用いられる。

【0057】メモリ装置40において、MAS、MAFはメモセルアレイ、Mはメモセル、MP1、MP2、MP3、MP4はPMOSトランジスタ、MN1、MN2、MN3、MN4はNMO-S(N-channel MOS)トランジスタ、WS1からWSpおよびWF1からWFq

はワード線、SA1はセンスアンプ回路、SAはセンスアンプ起動信号、EQ1はイコライズ回路を示している。階層スイッチHSは、PMOSトランジスタ(MP1など)とNMOストランジスタ(MN1など)とを用いたCMOSトランスファークロークにより構成されている。また、メモセルアレイMAFを構成するビット線(BF1、BFB1等)とセンスアンプ(SA1)との間にその接続を制御するカラム選択スイッチCSWが配置される。カラム選択スイッチCSWは、NMOストランジスタMN3、MN4及びPMOSトランジスタMP3、MP4で構成され、カラム制御信号(Yスイッチ信号)YSWにより制御される。また、センスアンプSA1は、一対のCMOSインバータを交差接続したラッチ型により構成され、NMOストランジスタのソース領域と接地電位との間に定電流源を構成するトランジスタが配置されセンスアンプ起動信号SAにより制御されている。また、センスアンプSA1の一対の入力にはイコライズ回路EQ1が接続される。イコライズ回路EQ1はセンスアンプ起動信号SAによりセンスアンプSA1の両入力をPMOSトランジスタで短絡し電位差を縮小する回路と、両入力の電位をPMOSトランジスタで電源電圧にプリチャージする回路とで構成されている。

【0058】図1の実施例のメモリ装置10ではメモセルアレイMAS内の情報とメモセルアレイMAF内の情報との関連は特に限定していないが、本実施例のメモリ装置40においては、メモセルアレイMAFはキャッシュメモリとしての構成を前提としているため、メモセルアレイMAS内の情報はメモセルアレイMAF内の情報を包含しているものとする。すなわち、メモセルアレイMAFに記憶されている情報は、メモセルアレイMASにも同様に記憶されている。メモセルアレイMAFをメモセルアレイMASのキャッシュメモリとして用いるため、 $p > q$ とする。すなわち、メモセルアレイMAFのワード線数はメモセルアレイMASのワード線よりも少なくする。従って、メモセルアレイMAFのビット線BF1、BFB1からBFn、BFBnはメモセルアレイMASのビット線BS1、BSB1からBSn、BSBnより短くなる。

【0059】図4の実施例のメモリ装置40の動作の概略は以下の通りである。情報を読み出すときは、最初にメモセルアレイMAF内にその情報があるか否かを図示していないタグラレイの出力とアドレス信号とを比較器によって比較して判断し、制御信号HITOによって制御回路HCCに知らせる。メモセルアレイMAF内にその情報があれば(比較結果が一致した場合)、アドレス信号ASFをデコーダDCFによってデコードし、ワード線WF1からWFqの一行をアサートして読み出す。メモセルアレイMAF内にその情報がなければ(比較結果が不一致の場合)、制御回路HCCが階層指定信号HSW1をアサート(選択状態)し、アドレス信

号ASSをデコーダDCSによってデコードし、ワード線WS1からWSpの一行をアサートして読み出し、メモリセルアレイMAF内にその情報を書き込む。一方、情報を書き込むときには、階層指定信号HSW1をアサートし、ワード線WF1からWFqの一行と、ワード線WS1からWSpの各行をアサートして、メモリセルアレイMAF内とメモリセルアレイMAS内に同一情報を同時に書き込むいわゆるライトスルー形式とすることができる。一般的に、メインメモリ部（主記憶部）や2次キャッシュメモリ部（図4のメモリセルアレイMASに相当）が1次キャッシュメモリ部（図4のメモリセルアレイMAF）と別のチップに形成されており、2次キャッシュメモリ部の書き込み時間が1次キャッシュメモリ部の書き込み時間に比べ著しく大きく、同時に書き込むことが1次キャッシュメモリ部の書き込み時間をも増大させることになるが、本発明のように、メモリセルアレイMAFとMASとを同一チップ上に形成すれば、その書き込み時間の差は比較的小さいため、上述したようにいわゆるライトスルー形式の書き込みを行うことが可能となる。

【0060】以下、この動作を図5のタイミングチャートを用いて詳しく記述する。

【0061】図5（a）には、メモリセルアレイMAFから読み出すときのタイミングチャートを示してある。まず制御回路HCCが階層指定信号HSW1をネゲート“0”にする。これによりメモリアレイMASを構成するビット線BS1、BSB1がメモリアレイMAFを構成するビット線BF1、BFB1と切り放される。この状態で、デコーダDCFがワード線WF1からWFq（図5（a）ではワード線WF1）をアサートし、メモリセルMの情報をビット線BF1、BFB1に読み出す。予め定めた所定期間経過後、ビット線BF1、BFB1が0、1V程度開いたところで、制御回路PCCがセンスアンプ起動信号SAをアサート（“1”）して出力DB1、DBB1を得る。この時同時に制御回路PCCがYスイッチ信号YSWをネゲート（“1”）しているので、ビット線BF1、BFB1が切り離され、センスアンプによってビット線BF1、BFB1の電位が増幅されず低電力かつ高速な動作が実現できる。

【0062】図5（b）には、メモリセルアレイMASから読み出すときのタイミングチャートを示している。まず、制御回路HCCが階層指定信号HSW1を“1”にする。これによりビット線BS1、BSB1がビット線BF1、BFB1と接続される。この状態で、デコーダDCSがワード線WS1からWSq（図5（a）ではワード線WS1）をアサートし、メモリセルMの情報をビット線BS1、BSB1、およびビット線BF1、BFB1に読み出す。予め定められた所定期間経過後、ビット線BF1、BFB1が0、1V程度開いたところで、制御回路PCCがYスイッチ信号YSWをアサ

ート（“0”）したままで、センスアンプ起動信号SAをアサート（“1”）する。この時同時に制御回路HCCが階層指定信号HSW1を“0”にしているので、センスアンプによってビット線BS1、BSB1の電位が増幅されず、低電力かつ高速になる。Yスイッチ信号YSWはアサートされたままであるので、メモリセルアレイMASから読み出した内容はビット線BF1、BFB1に増幅されている。したがって、メモリセルアレイMAF内への書き込みは、ワード線WF1からWFqの内一つをアサート（図5（b）ではワード線WF1）すれば実行することができる。メモリセルMが低振幅のビット線で書き込めるのであれば、Yスイッチ信号YSWをネゲート（“1”）してから、センスアンプ起動信号SAをアサート（“1”）することにより、ビット線の負荷がなくなるため、低消費電力化及び高速化を図ることができる。

【0063】このように、メモリアレイMASから読み出されたデータはメモリアレイMAFに書き込むように構成しているため、メモリセルアレイMAS内の情報のうち使用頻度の高い情報はメモリセルアレイMAF内にも記憶されていることになる。従って、メモリセルアレイMAFへのアクセスだけで高速に読み出すことができる確率が多くなり、その分高速かつ低消費電力な読み出し動作が可能となる。

【0064】図5で、メモリセルアレイMASの内容のメモリセルアレイMAFへの書き込みはワード線WF1をアサートして行ったが、メモリセルアレイMAF内で使用頻度の一番小さい行へ書き込むように構成すれば、読み出したいデータがメモリアレイMAFに存在する確率（ヒット率）がより高くなり、更なる高速化、低消費電力化が達成できる。

【0065】メモリ装置20のメモリセルアレイMAFは1次キャッシュメモリとして、メモリセルアレイMASは2次キャッシュメモリ或いは主記憶として用いることができる。オンチップのキャッシュメモリの場合には、一般的に、高速動作と低消費電力の要求からメモリ容量としては32Kバイト程度が限界である。しかし、本実施例を採用することにより、1次キャッシュメモリのメモリアレイMAFのメモリ容量を32Kバイト以下にしておけば、高速・低消費電力であって、かつ、256Kから1Mバイト等（論理回路の規模及び微細化技術に依存するが、1Mバイト以上も可能である）の容量の大きいメモリ装置（キャッシュメモリ、或いはキャッシュメモリと主記憶）を実現することが可能となる。また、いわゆるオフチップのメモリ装置としても、数Mビットの大きな記憶容量を有し、かつ、その一部に高速かつ低消費電力のメモリを有する半導体メモリを実現することが可能となる。

【0066】《第3の実施例》図6は本発明の第3の実施例に係るメモリ装置であり、図4の実施例のメモリ装

置にさらにタグアレイを装備した、キャッシュメモリとしての実施例である。タグアレイにはデータ部の各行のデータに対応するアドレス信号の一部が記憶されており、その記憶内容をアドレス信号と比較することによりヒットしたか否かの判断を行うためのものである。図6では簡単のためインデックスにより1つ(1行)のタグ部及びデータ部が選択されるよう構成されたダイレクトマップ構造を用いた構成を示す。後述するように、セット・アソシアティブ構造やフル・アソシアティブ構造の場合でも同様の効果が得られることは明かである。図6のメモリ装置60においてもメモリセルアレイや階層スイッチ等の構成は第1及び第2の実施例のメモリ装置と同様であり重複する説明は省略する。第3の実施例のメモリ装置60もオンチップのメモリ装置及びオフチップのメモリ装置として用いられる。

【0067】メモリ装置60において、TAS、TAF、DAS、DAFはメモリセルアレイ、TH、DHは階層スイッチ、TSA、DSAはセンスアンプ、CMP1は23ビット比較器、100、101、102、103はデコーダ、105、106、107、108、109、110はビット線を示している。タグ部のTAS、TAF、階層スイッチTH、センスアンプTSA及びデータ部のDAS、DAF、階層スイッチDH、センスアンプDSAはそれぞれ、図1及び図4のメモリ装置に示すMAS、MAF、HS1~HSBn、SA1~SAnに対応するものである。

【0068】メモリセルアレイTASとTAFでタグ部を構成しており、メモリセルアレイDASとDAFでデータ部を構成している。メモリセルアレイTASは20ビットのデータ幅、メモリセルアレイTAFはメモリセルアレイTASより多い23ビットのデータ幅を持っている。これは、メモリセルアレイTAF及びDAFの方がメモリセルアレイTAS及びDASより記憶容量が小さく、必要なインデックスの数が小さい(メモリセルアレイTAF及びDAFのインデックスは8ビットで、メモリセルアレイTAS及びDASのインデックスは5ビット)ため、アドレスデータ幅に差が生じるものである。したがって、ビット線105は20ビット分になる。”0”レベルに固定したビット線111と合わせて階層スイッチTHに接続され、ビット線106は23ビットになる。従って、残りの3ビット分は、後述するように、階層指定信号HSW3がアサートされている場合には、比較器CMP1にも同様の”0”レベルに固定した信号が入力され、実質的に比較動作を行わないような構成となっている。

【0069】図6の上部には本実施例で用いるアドレスの構成を模式的に示してある。オンチップのメモリ装置である場合は、アドレスはチップ内のCPU等から供給される。オフチップのメモリ装置の場合は、アドレスはチップ外部から供給される。アドレスA0からA31は

32ビットで、タグ部とデータ部から一行を選択するためのアドレスであるインデックスは、メモリセルアレイTAS、DASに対してはアドレスA4からA11の8ビット(256行)、メモリセルアレイTAF、DAFに対してはアドレスA4からA8の5ビット(32行)、ラインサイズは128ビット(16バイト)である。したがって、メモリセルアレイTAF、DAFはメモリセルアレイTAS、DASの1/8のビット数となる。

【0070】SEL0は3ビットのセレクト回路で、階層指定信号HSW3がネゲートされている場合には、アドレスA9からA11までの3ビットを選択出力する。また、階層指定信号HSW3がアサートされている場合には、3ビットの”0”を出力する。このセレクトの出力と、アドレスA12からA31までの20ビットを合わせて、比較器CMP1に入力する。

【0071】メモリセルアレイTAF、DAFをメモリセルアレイTAS、DASのキャッシュメモリとして動作させる。図6のメモリ装置60は1次キャッシュメモリ(メモリセルアレイTAF、DAF)と2次キャッシュメモリ(メモリセルアレイTAS、DAS)を備えたキャッシュメモリに類似した構成となっている。制御回路CCNTRによって、1次キャッシュメモリと2次キャッシュメモリとが制御される。

【0072】以下、この読み出し動作を図7のフローチャートを用いて詳しく説明する。

【0073】まず、制御回路CCNTRにメモリアクセス信号MACCSが入力されると、階層指定信号HSW3は予めネゲート状態(階層スイッチTHとDHはオフ状態)とされる。次に制御信号112、113に基づいて、デコーダ100、102でアドレスA4からA11をデコードし、メモリセルアレイTASとDASの中の一行を選択する。同時に、制御信号114、115に基づいて、デコーダ101、103でアドレスA4からA8をデコードしメモリセルアレイTAFとDAFの中の一行を選択する。選択されたワード線に対応して、ビット線107、110に選択されたメモリアレイの情報を読み出されると制御信号116、117に基づいて、センスアンプTSA、DSAを起動し、上記情報を増幅する。次に、センスアンプTSAで読み出されたタグ部のデータとアドレスA9からA31を比較器CMP1で比較する。この比較結果が一致していると、制御信号HITがアサートされ、ここで読み出し動作が終了する。この場合には、1次キャッシュに相当するメモリアレイDAFに必要なデータが存在しているため、高速なデータの読み出しが可能となる。

【0074】比較器CMP1での比較結果が一致しない場合には、制御信号116、117はセンスアンプTSA、DSAをネゲートし、デコーダ101、103の出力をネゲートしてメモリセルアレイTAF、DAFを非

動作状態にする。特に制限されないが、センスアンプTSA、DSA及びデコーダ101、103の制御は比較器CMP1の出力である制御信号HITに基づいた制御信号114、115、116、117により行われる。次に制御回路CNTは階層指定信号HSW3をアサートし、デコーダ100、102で選択されたメモリセルアレイTAS、DAS内のメモリセルの情報ビット線105、108に読み出す。階層スイッチTH、DHがオンで状態なので、この情報はビット線106、109、107、110に反映される。この時、ビット線105、108の容量は、ビット線106、109、107、110の容量よりも十分大きいので、容量分割によりビット線105、108の情報はそのままビット線106、109、107、110に反映される。従って、ビット線106、109、107、110を予めイコライズする必要がなく、イコライズ動作に必要な時間を省略できる。もちろん、ビット線105、108の容量が十分大きくない場合や、ビット線106、109、107、110の充放電を余裕をもって行う必要がある場合などはビット線106、109、107、110を予めイコライズするよう構成することもできる。

【0075】次に制御信号116、117はセンスアンプTSA、DSAを起動し、最後にセンスアンプTSAで読み出されたタグ部のデータとアドレスA12からA31を比較器CMP1で比較する。この比較結果が一致しない場合、ミスとして処理する（制御信号HITがネゲートされる）。比較結果が一致した場合、制御信号114、115はデコーダ101、103の出力を再度アサートし、メモリセルアレイTAF、DAFに、読み出されたメモリセルアレイTAS、DASの内容を書き込む。

【0076】図7では制御信号114、115、112、113に基づいて最初にデコーダ101、103の出力と、デコーダ100、102の出力を同時にアサートしているが、デコーダ101、103の出力だけを最初にアサートし、最初の比較器CMP1での比較で不一致検出が出力された（制御信号HITがネゲートされた）後にデコーダ100、102の出力をアサートしてもよい。この場合デコーダ100、102の制御は比較器CMP1の出力である制御信号HITを利用することにより行うことができる。デコーダ101、103の出力とデコーダ100、102の出力を同時にアサートする構成によれば、比較結果が不一致で合った場合でも既にデコーダ100、102の出力がアサートされているため高速な読み出しが可能である。同時にアサートしない構成によれば、不一致の場合にのみデコーダ100、102がアサートされるため消費電力の低減を図ることができる。また、いずれの構成を採用するかは、たとえば本発明の半導体メモリ装置を用いるシステムの動作速度に応じて変えればよく、CPUが高速動作を行う状態

（モード）においては同時にアサートするようにし、低速動作を行う状態（モード）においては同時にアサートしないようにし、システムの高速度動作の要求と低消費電力化を同時に実現することができる。

【0077】なお、タグ部は、タグアレイTASとTAGアレイTAFとのビット線を階層スイッチTHで接続しない構成にしてもよい。すなわち、タグアレイTAS用のセンスアンプと比較器を別に有するような構成にしてもよい。

【0078】《第4の実施例》図8には図6のメモリ装置を2ウェイ・セット・アソシアティブ構造にした場合の実施例である第4の実施例のメモリ装置を示している。図8では説明の便宜上キャッシュメモリのデータ部の構成を表している。2ウェイ・セット・アソシアティブ構造では、単一のインデックスにより2つのタグとデータを選択し、2つのタグを平行して比較し、一致したタグに対応するデータが出力されるよう構成されている。図示しないタグ部等の構成は図6に示したタグ部等が2組ずつ配置された構成となる。なお、本実施例においても、上述の他の実施例と同様な部分については説明を省略する。第4の実施例のメモリ装置80もオンチップのメモリ装置及びオフチップのメモリ装置として用いられる。

【0079】メモリ装置80において、ビット線BS11、BSB11およびBF11、BFB11に接続されているメモリセルがウェイ1（Way1）で、ビット線BS12、BSB12およびBF12、BFB12に接続されているメモリセルがウェイ2（Way2）である。ウェイ1を構成するビット線対とウェイ2を構成するビット線対は、センスアンプに共通に接続する関係上近接して配置することが望ましく、本実施例ではそれぞれのビット線対を交互に配置している。図4のメモリ装置40と比較すると、NMOSTランジスタMN7、MN8、MN11、MN12およびPMOSTランジスタMP7、MP8、MP11、MP12から構成されている2個のYスイッチが同一のイコライザEQ1およびセンスアンプSA1に接続されている点が異なる。Yスイッチ信号YSW1がアサート（“0”）されるとウェイ1が選択され、Yスイッチ信号YSW2がアサート（“0”）されるとウェイ2が選択される。ここではウェイセクタをYスイッチを用いて行っているが、各ウェイにセンスアンプを設けてセンスアンプの後にウェイセクタを置く方法を採用しより高速な読み出し動作を行わせることもできる。図8では2ウェイ・セット・アソシアティブ構造の例を示しているが4ウェイ・セット・アソシアティブ構造等でも同様に実現できる。なお、メモリセルアレイMAF及びメモリセルアレイMASをキャッシュメモリとして用いるので、p>qとする。すなわち、メモリセルアレイMAFのワード線数はメモリセルアレイMASのワード線よりも少なくする。従っ

て、メモリセルアレイMAFのビット線BF 11、BF B 11、BF 12、BF B 12はメモリセルアレイMASのビット線BS 11、BS B 11、BS 12、BS B 12より短くなる。

【0080】図8の実施例のメモリ装置80からの読み出し動作は図4のメモリ装置40の方法と、選択されたウェイのYスイッチを用いることを除けば同様の方法で行える。メモリセルアレイMASから読み出した内容をメモリセルアレイMAFへ書き込む時、読み出したウェイと同一のウェイに書き込んでも良いが、別のウェイを選択して書き込んでもよい。

【0081】書き込み動作も同様で、複数のウェイのうちで最も古く使われたウェイに書き込むLRU (Least Recently Used(リースト・リーセントリー・ユーズド))等のリプレースアルゴリズムに従って、追い出すウェイを決定した後、そのウェイのYスイッチを用いて書き込みを行えばよい。その他、さまざまな形態の読み出しおよび書き込みアルゴリズムが採用でき、主にウェイの数により最適なアルゴリズムを採用し、キャッシュメモリとしてのヒット率が高くなり、できるならメモリセルアレイMAFのヒット率が高くなるようにすることが望ましい。

【0082】《第5の実施例》図9は本発明の第5の実施例に係るメモリ装置を示す図であり、図1のメモリ装置10のビット線の階層化を3層にしたものである。第1の実施例のメモリ装置10と同様な部分については説明を省略する。第5の実施例のメモリ装置90もオンチップのメモリ装置及びオフチップのメモリ装置として用いられる。

【0083】図1のメモリ装置10と比較すると、メモリ装置90においては新たに階層スイッチHT 1、HT B 1、ビット線BT 1、BT B 1、メモリセルアレイMATが接続している。ワード線WT 1からWT uの本数(u)、ワード線WS 1からWS pの本数(p)、ワード線WF 1からWF qの本数(q)に応じてそれぞれの階層からの読み出し速度が決まる。メモリセルアレイMAFからの読み出しは、メモリセルアレイMAS、MATからの読み出しよりも速く読み出せる。また、メモリセルアレイMASは、メモリセルアレイMATからの読み出しよりも速く読み出せる。アクセス頻度の高い情報を、メモリセルアレイMAFやメモリセルアレイMASに格納しておけば高速な読み出しが実現できる。消費電力についても、図1の実施例のメモリ装置10で述べたのとまったく同様の理由で低減できる。

【0084】また、第2乃至第4の実施例のメモリ装置が、図9のような3層の階層にした場合でも実現でき、同様の効果が得られることは明かである。この場合は、ワード線の数の関係を $u > p > q$ とする。

【0085】《第6及び第7の実施例》図10及び図11は本発明の第6及び第7の実施例に係るメモリ装置を

示す図であり、図9に示した3層構造のメモリ装置の応用を示すものである。第5の実施例のメモリ装置90と同様な部分については説明を省略する。第6の実施例のメモリ装置1000及び第7の実施例のメモリ装置1100もオンチップのメモリ装置及びオフチップのメモリ装置として用いられる。

【0086】図10及び図11に示されるメモリ装置ではメモリセルアレイMAS内の情報は、メモリセルアレイMAF内の情報とメモリセルアレイMAT内の情報を包含しているものとする。すなわち、メモリセルアレイMAF及びメモリセルアレイMATはメモリセルアレイMASのキャッシュメモリとしての使用を前提としているため、メモリセルアレイMAT及びMAFに記憶されている情報はメモリセルアレイMASにも重複して記憶され、メモリセルアレイMASにはそれ以外の情報をも記憶されているものである。この場合は、ワード線の数の関係を $u < p < q$ とする。

【0087】図10及び図11に示されるメモリ装置ではビット線BT 1、BT B 1にビット線BF 1、BF B 1と同様にセンスアンプSA 1 Tを接続し、データ出力DAT 1からDAT n Tを出力して出力を読み出す系統を2系統としデュアルポート化したものである。このような構成により、メモリへの読み出し及び書き込みが独立した2つの系統から行うことができる。メモリセルアレイMATとMASに対する読み出しおよび書き込み動作は、図1で記述したメモリセルアレイMAFとMASに対する方法をそのまま用いることができる。

【0088】ただし、図10のメモリ装置1000では、メモリセルアレイMASへの書き込みおよびメモリセルアレイMASからの読み出しは、データ出力D 1からD n およびデータ出力D 1 TからD n Tの両方から同時にできない。しかし、このアクセス衝突は、メモリセルアレイMASへのアクセスが、メモリセルアレイMAF内あるいはMAT内に欲しい情報がある限り発生しないことを考慮するとほとんど発生しないため実用上はほとんど問題とならない。アクセス衝突が生じた場合にはそれを検出し、データ出力D 1 からD n およびデータ出力D 1 TからD n Tの両アクセスをシーケンシャルに行えばよい。アクセス衝突を生じる確率は小さいので、シングルポートのメモリセルMを用いて高確率にデュアルポートアクセスできる。

【0089】デュアルポートアクセスが可能となることにより、ALU(Arithmetic Logic Unit)等の演算器が2つ存在するようなプロセッサにおいてもそれぞれの演算器に対応したデータキャッシュメモリを構成することができ、プロセッサの並列演算処理に容易に対応することが可能となる。

【0090】すなわち、シングルポートのメモリセルを用いて、デュアルポートの半導体メモリ装置あるいはキャッシュメモリを高速・低消費電力に実現できる。

【0091】さらに図11のメモリ装置1100は上記アクセス衝突が生じて、デュアルポートのアクセスを可能にする実施例である。

【0092】メモリ装置1100においては、図10のメモリ装置1000のメモリセルアレイMAS内のメモリセルMをデュアルポートメモリセルDに変えたものである。デュアルポートメモリセルDは、ワード線WS1からWSpによって制御されるビット線BS1およびBSB1に接続されたポートと、ワード線WS1TからWSpTによって制御されるビット線BS1TおよびBSBTに接続されたポートを持っている。データ出力D1からDnからのアクセスに対しワード線WS1からWSpを用い、データ出力D1TからDnTからのアクセスに対しワード線WS1TからWSpTを用い、上記アクセス衝突でも同時にアクセスできる。

【0093】《第8の実施例》図12は図1のメモリセルアレイMAFをデュアルポート化したときの実施例である第8の実施例に係るメモリ装置を示す。第1の実施例のメモリ装置100と同様な部分については説明を省略する。第8の実施例のメモリ装置1200もオンチップのメモリ装置及びオフチップのメモリ装置として用いられる。

【0094】デュアルポートメモリセルはその素子面積が通常のメモリセルの面積の1.5倍から2倍と大きい。本実施例のように、アクセス頻度の高いメモリセルアレイMAFにのみデュアルポートセルを用いることにより、回路面積の増大を抑えつつデュアルポートアクセスの可能なメモリを実現することができる。

【0095】メモリセルアレイMAFのビット線はBF1からBFnとBFB1からBFBn、および、BF1TからBFnTとBFB1TからBFBnTの二対になっている。それぞれのビット線にはセンスアンプSA1からSAn、および、SA1UからSAnUが接続されている。図12のメモリ装置1200ではビット線BF1とBFB1が、階層スイッチHS1とHSB1を用いてメモリセルアレイMASのビット線BS1とBSB1に接続されており、ビット線BF1TからBFnTとBFB1TからBFBnTが階層スイッチHU1からHUnとHUB1からHUBnにより、メモリセルアレイMASのビット線BS1とBSB1に接続されている。そして、階層スイッチHS1からHSnとHSB1からHSBnとは階層制御信号HSW1により制御され、階層スイッチHU1からHUnとHUB1からHUBnとは階層制御信号HSW2により制御される。

【0096】上述したように、メモリセルアレイMASに格納されている情報が、メモリセルアレイMAFに格納されている情報を含むようにすれば、メモリセルアレイMAFのアクセス頻度はメモリセルアレイMASのアクセス頻度よりも高くなる。メモリアクセスの局所性により、ほとんどのアクセスはデュアルポート構造に

なっているメモリセルアレイMAFへのアクセスになる。メモリセルアレイMAFの容量は小さく抑えることができるため、多ポートメモリセルによる面積増加を抑えることができる。特に多ポートメモリの同時アクセスに局所性がある場合には、メモリセルアレイMASへのアクセス頻度が減るために効率が良くなる。

【0097】図12のメモリ装置1200の極端な例として、メモリセルアレイMAFを1行だけにした例($d=1$ とすることを意味する)があげられる。多ポートメモリの同時アクセスが近接するアドレスに対して発生するのであれば、これで十分な効果が得られる。さらに、図12のメモリ装置1200のメモリセルアレイMASとメモリセルアレイMAFの間にスイッチと同様な機能を有するようなセンスアンプを入れてもよい。すなわち、階層スイッチHS1とHSB1およびHU1とHUB1をセンスアンプに変えてもよい。メモリセルアレイMAFがメモリセルアレイMASから構成された半導体メモリの多ポートバッファとして動作する。

【0098】図10および図11の実施例のメモリ装置ではメモリセルアレイMAFおよびMATの容量をメモリセルアレイMASの容量よりも小さくすれば、読み出し速度の高速化および消費電力の低減に効果があることは言うまでもない。

【0099】図10から図12の実施例のメモリ装置は、図6から図8までのキャッシュメモリとしての実施例のメモリ装置にも応用でき、デュアルポートキャッシュメモリが実現できる。消費電力についても図1の実施例のメモリ装置で述べたのとまったく同様の理由で低減できる。読み出し速度に対しても、メモリセルアレイMAFおよびメモリセルアレイMATへのアクセスは、図1の実施例のメモリ装置で記述した理由と同じ理由で高速に行える。さらにこのデュアルポートキャッシュメモリの二つのポートをインストラクションバスとデータバスに接続すれば、命令キャッシュとデータキャッシュを兼ね備えたキャッシュメモリとして用いることができる。実効的にセパレートキャッシュ(命令キャッシュとデータキャッシュが別個に存在するキャッシュ)と同様のパフォーマンスをユニファイキャッシュで実現できる。

【0100】《第9の実施例》図13は本発明第9の実施例に係るメモリ装置である。第1から第8までの実施例のメモリ装置と同様な部分については説明を省略する。第9の実施例のメモリ装置1300もオンチップのメモリ装置及びオフチップのメモリ装置として用いられる。

【0101】メモリ装置1300において、MAS、MAFはメモリセルアレイ、Mはメモリセル、HE1、HEB1およびHF1、HFB1は階層スイッチ、WS1からWSpおよびWF1からWFaはワード線、SA1はセンスアンプ、SAはセンスアンプ起動信号、SS

1、SSB1およびSFi、SFB1およびBFi、BFB1はビット線を示している。

【0102】階層指定信号HSW1がアサートされている時、階層スイッチHE1、HEB1はオン状態になり、ビット線SF1をビット線BFB1に、ビット線SFB1をビット線BFB1に接続する。階層指定信号HSW2がアサートされている時、階層スイッチHF1、HFB1はオン状態になり、ビット線SS1をビット線BFB1に、ビット線SSB1をビット線BFB1に接続する。ビット線BF1、BFB1はセンスアンプSA1に接続されている。したがって、階層指定信号HSW1と階層指定信号HSW2がアサートされている時、メモリアルレイMAFとメモリアルレイHASは同時にセンスアンプに接続される。

【0103】階層指定信号HSW2をアサートすれば、第1から第8までの実施例のメモリ装置と同様な構成と動作を行い、同程度の効果がある。しかし、メモリアルレイMAFからの読み出しにはビット線BF1、BFB1の容量が関係するので、第1から第8までの実施例のメモリ装置の場合よりも若干遅くなる。但し、メモリアルレイMAFの容量をメモリアルレイMASの容量よりも小さくする($p > q$) ことにより、第1の実施例のメモリ装置10と同様な効果が得られる。

【0104】階層指定信号HSW2をネグートにすれば、メモリアルレイMASからの読み出しはメモリアルレイMAFの負荷がないので、第1から第8までの実施例のメモリ装置の場合よりも高速にできるという効果がある。

【0105】以上の第1から第9の実施例では電源電圧に対しては何も規定していないが、たとえば1.0Vなどの低電圧で動作させる場合には、以下のような効果がある。一般に低電圧では回路の動作速度が低下するという問題がある。これを解決する方法として、MOSトランジスタのしきい値電圧を下げ、低しきい値電圧化するという方法があるが、リーク電流が増加するという新たな問題が発生する。特にメモリアルセルを構成するMOSトランジスタを低しきい値電圧化すると、メモリアルセルの規模が大きくなり、その動作頻度が低いことからリーク電流が無視できない。本発明の方法を用いることで、MOSトランジスタを高しきい値電圧のまま使用しても、メモリアルレイの一部に高速動作可能なメモリアルレイを包含しているため、高速な読み出しが実現できる。

【0106】また、以上の第1から第9の実施例で用いた階層スイッチの代わりに、センスアンプ等の増幅機能を持った半導体回路を用い、より高速な動作を可能とすることもできる。この場合にはセンスアンプとしては階層スイッチとしての機能を有するよう構成することが必要である。

【0107】《第10の実施例》図16には、本発明の第10の実施例に係るキャッシュメモリの論理的イメー

ジのブロック図が示されている。本実施例は第3の実施例のメモリ装置を4ウェイ・セット・アソシアティブ構造のキャッシュメモリにした場合のものである。キャッシュメモリ160は、16Kバイトの2次キャッシュメモリと、2Kバイトの1次キャッシュメモリとで構成される。キャッシュメモリ160は、2次キャッシュメモリのタグアレイL2TAとデータアレイL2DAと、1次キャッシュメモリのタグアレイL1TAとデータアレイL1DAと、2次キャッシュメモリのデコーダL2DEC(図示されていないが、タグアレイとデータアレイは別にデコーダを有する。)と、1次キャッシュメモリのデコーダL1DEC(図示されていないが、タグアレイとデータアレイは別にデコーダを有する。)と、ウェイセクタWAYSELと、読み出し/書き込みアンプRWAMPと、比較器CMP5と、プリデコーダPREDECとで構成される。

【0108】タグアレイL2TAは、 4×256 行 $\times 23$ ビットのメモリアレイで構成される。データアレイL2DAは、 4×256 行 $\times 128$ ビットのメモリアレイで構成される。タグアレイL1TAは、 4×32 行 $\times 32$ ビットのメモリアレイで構成される。データアレイL1DAは、 4×32 行 $\times 128$ ビットのメモリアレイで構成される。

【0109】8ビット長のインデックスアドレス(Index-address)は、8ビット、8ビット、4ビットの3群のプリデコードアドレス(Pre-decoded address)にプリデコーダPREDECでデコードされる。2次キャッシュメモリは、3群全てのプリデコードアドレスをデコーダL2DECでデコードする。一方、1次キャッシュメモリは、2群のプリデコードアドレスのみをデコーダL1DECでデコードする。23ビット長のタグアドレス(Tag-address)は4つの比較器CMP5でタグアレイL1TA又はタグアレイL2TAから読み出されるアドレスと比較される。

【0110】図17には、キャッシュメモリ160の半導体チップ上のレイアウトイメージのブロック図が示される。データアレイL1DA及びデータアレイL2DAはデコーダ/ドライバDAWDを挟んでそれぞれ2つに分割配置されている。また、タグアレイL1TA及びタグアレイL2TAもデコーダ/ドライバDAWDを挟んでそれぞれ2つに分割配置されている。さらに、2つのデータアレイL1DA及び2つのデータアレイL2DAは、2つのタグアレイL1TA及び2つのタグアレイL2TAを挟んで2つに分割配置されている。すなわち、メモリアレイは、デコーダ/ドライバDAWDを中心として面対象に配置されている。なお、デコーダ/ドライバDAWDは、図16のデコーダL1DEC、L2DECに対応する。また、デコーダ/ドライバDAWDも、図16のデコーダL1DEC、L2DECに対応する。

【0111】また、データアレイL2DAとデータアレイ

レイL1DAとは、階層スイッチHSWを介して接続される。タグアレイL2TAとタグアレイL1TAとは、階層スイッチHSWを介して接続される。すなわち、2次キャッシュメモリアレイL2-arrayと1次キャッシュメモリアレイL1-arrayとは、階層スイッチHSWを介して接続される。データアレイL2DAとタグアレイL2TAに表示される数字(0、1、2、3)はウェイの番号を示している。データアレイの各ウェイは、ウェイセレクトWAYSELの出力に基づいてウェイスイッチWAYSWによって選択される。また、ウェイセレクトWAYSELは制御信号Hit / Missを出力して、キャッシュメモリのヒット或いはミスヒットを中央処理装置CPU等に知らせる。データアレイL1DA、L2DAからのデータの読み出し及びデータアレイL1DA、L2DAへのデータの書き込みはデータバスData及び読み出し／書き込みアンプRWAMPを介して行われる。図18には、データアレイL1DA、L2DAの回路図が示される。本実施例は第4の実施例を4ウェイのメモリにした場合である。図面が複雑になるのでイコライズ回路は省略されている。2次キャッシュメモリアレイのビット線対BS、BSBと1次キャッシュメモリアレイのビット線対BF、BFBは階層スイッチHSWで分割されている。4つのウェイに対応する4つのビット線対がウェイスイッチWAYSWを介して読み出し／書き込みアンプRWAMPに接続されている。従って、アンプの数はラインサイズと等しくなっている。アンプの数を少なくすることは消費電力の削減に効果がある。なお、図18の読み出し／書き込みアンプRWAMPは、図面が複雑になるのを避けるため、書き込みアンプについては省略している。

【0112】ウェイスイッチWAYSWは、ウェイセレクトWAYSELからのウェイ選択信号WAY0、WAY1、WAY2、WAY3によって制御される。

【0113】ビット線対BF、BFBに接続されるメモリセルの数(32行)は、ビット線対BS、BSBに接続されるメモリセルの数(256行)より約1桁少ない。従って、階層スイッチHSWがオフの場合のデータアレイL1DAと読み出し時間は、階層スイッチHSWがオンの場合のデータアレイL2DAとL1DAの読み出し時間より短くすることができる。

【0114】データアレイL1DAに要求するデータが存在する場合(1次キャッシュメモリがヒットした場合:L1-hit)は、データアレイL1DA内のデータはウェイスイッチWAYSWを介してセンスアンプSAPで読み出される。このとき、階層指定信号はネゲートされており、階層スイッチHSWは遮断状態にある。センスアンプ起動信号SAC1をアサートしたとき、制御信号SAC2をネゲートすれば、ビット線対BA、BABがビット線対BF、BFBと分離されるため、高速読み出しができる。

【0115】データアレイL2DAに要求するデータが存在する場合(2次キャッシュメモリがヒットした場合:L2-hit)は、データアレイL2DAがアクセスされ、ビット線を介して直接データアレイL1DAに書き込まれる。置き換え動作は、センスアンプSAPを利用して以下に行われる。まず、データアレイL2DAのデータがセンスアンプSAPで読み出される。次に、階層指定信号HSW1がネゲートされ、制御信号SAC2はアサートされたままである。データアレイL2DAから読み出されたデータはビット線対BF、BFB上で増幅され、データアレイL1DAに書き込まれる。この置き換えシーケンスによっては、データアレイL2DAからデータアレイL1DAへの書き込みには余分なサイクルは不要である。

【0116】従来の階層キャッシュメモリに比べて、占有面積、消費電力及び読み出し時間において有利である。すなわち、データアレイL1DAとデータアレイL2DA、タグアレイL1TAとタグアレイL2TAで周辺回路を共用するため、1次キャッシュメモリと2次キャッシュメモリとに必要な占有面積を減少させることができる。周辺回路が共用になっているため、置き換えシーケンス時の消費電力を削減できる。ビット線が階層スイッチのみを介して接続されているため、置き換えシーケンスに必要な時間は無視できる。

【0117】データアレイL1DAのデコーダ/ドライバDAWDとデータアレイL2DAのデコーダ/ドライバDAWDの間にあるバッファ回路BUFは、1次キャッシュメモリのアドレスの負荷を軽減するためのものである。1次キャッシュメモリの方が2次キャッシュメモリよりも読み出し時間を短くするため、1次キャッシュメモリ側のアドレスの負荷を軽減するようにアドレスは1次キャッシュメモリ側から入力するのが望ましい。

【0118】図19には、1次キャッシュメモリがヒットした場合(上側:L1-hit)と2次キャッシュメモリがヒットした場合(下側:L2-hit)のデータアレイのシミュレーション波形が示されている。1次キャッシュメモリがヒットした場合のアクセス時間は4.8nsである。2次キャッシュメモリがヒットした場合のアクセス時間は7.7nsである。本実施例を用いることにより、アクセス時間を38%減少することができる。

【0119】図20には、電源電圧1V、動作周波数100MHz時のデータアレイの消費電力のシミュレーション結果が示される。1次キャッシュメモリがヒットした場合(L1-hit)の消費電力は、6.2mWである。1次キャッシュメモリの置き換え動作時(2次キャッシュメモリがヒットした場合(L2-hit))には、消費電力が3.5mW増加して9.7mWになる。しかし、1次キャッシュメモリのヒット率が90%と仮定すると、実効消費電力は6.5mWに減少する(従来の18kバイト

のデータアレイでの8.4 mWに比べて23%減少する)。

【0120】図21には、3層金属配線の0.25 μ m CMOSプロセス技術で試作したチップの特徴が示されている。また、図22には、プロセスとデバイスパラメータが示されている。電源電圧1Vで高い特性を得るために、MOSFETのゲート酸化膜厚は4.5 nmにしている。高信頼性(高雑音余裕)とCPU等の論理回路LSIとのプロセスの互換性のため、メモリセルには6トランジスタ・セル(完全CMOS型メモリセル)を使用している。また、周辺回路のMOSトランジスタとメモリセルのMOSトランジスタとはしきい値電圧を変えている。前者は、0.3Vで、後者は、0.5Vである。キャッシュメモリのサイズは、3.6 mm \times 2.1 mmである。

【0121】図23には、データアレイの測定波形が示されている。ADDはアドレス入力、SELはタグアレイからのウェイト選択信号、OUTはウェイト選択信号SELに対応するデータアレイからの出力信号を表している。1次キャッシュメモリがヒットした場合のアクセス時間は4.5 nsである。2次キャッシュメモリがヒットした場合のアクセス時間は7.5 nsである。これは、シミュレーション結果とほぼ一致している。1次キャッシュメモリのヒット率は約90%であるため、実効アクセス時間は5 nsとなる。

【0122】《第11の実施例》図24には、本発明の第11の実施例に係るキャッシュメモリの論理的イメージのブロック図が示されている。本実施例は第6の実施例のメモリ装置を4ウェイ・セット・アソシアティブ構造のキャッシュメモリにした場合のものである。キャッシュメモリ240はインストラクションポートI PORTとデータポートD PORTを有する。マイクロプロセッサ等のインストラクションバスとデータバスに接続して、命令キャッシュとデータキャッシュを兼ね備えたキャッシュメモリとして用いるものである。すなわち、キャッシュメモリ240は、2ポートを有するユニファイキャッシュである。キャッシュメモリ240は、32 Kバイトの2次キャッシュメモリと、2つの4 Kバイトの1次キャッシュメモリとで構成される。キャッシュメモリ240は、2次キャッシュメモリのタグアレイL2 TAGとデータアレイL2 DATと、1次キャッシュメモリのタグアレイL1 TAG、L1 TADとデータアレイL1 DA1、L1 DADと、2次キャッシュメモリのデコーダL2 DE(図示されていないが、タグアレイとデータアレイは別にデコーダを有する。)と、1次キャッシュメモリのデコーダL1 DI、L1 DD(図示されていないが、タグアレイとデータアレイは別にデコーダを有する。)と、ウェイトセレクトSEL1、SEL2と、比較器CMP1、CMP2と、アドレスセレクトSELとで構成される。

【0123】なお、キャッシュメモリ240は物理アドレス側の配置されている。すなわち、メモリ管理ユニット(MMU)内のアドレス変換バッファTLBで論理アドレス(仮想アドレス:Virtual Address)から物理アドレス(Physical Address)に変換された後に、キャッシュメモリ240がアクセスされる。

【0124】タグアレイL2 TAGは、4 \times 256行 \times 23ビットのメモリアレイで構成される。データアレイL2 DATは、4 \times 256行 \times 256ビットのメモリアレイで構成される。タグアレイL1 TAGは、4 \times 32行 \times 23ビットのメモリアレイで構成される。データアレイL1 DA1は、4 \times 32行 \times 256ビットのメモリアレイで構成される。

【0125】アドレスセレクトSELは、インストラクションポート側からの2次キャッシュメモリのアクセスとデータポート側からの2次キャッシュメモリのアクセスとのアドレス信号の切り替えを行っている。同時にアクセスが発生した場合は、予め決められた優先順位に従ってアドレスセレクトSELがアドレス信号を選択する。図25には、データアレイL2 DAT、L1 DA1、L1 DA1の回路図が示される。図25は、階層スイッチHSWを具体的に示している点と、プリデコードPREDEC及びデコーダ/ワードドライバWDを示している点と異なるのみで、図10の第6の実施例と基本的には同じである。インストラクション及びデータのインデックスアドレスは、3群のプリデコードアドレスにプリデコードPREDECでデコードされる。2次キャッシュメモリは、3群全てのプリデコードアドレスをデコーダ/ワードドライバWDでデコードする。一方、1次キャッシュメモリは、2群のプリデコードアドレスのみをデコーダ/ワードドライバWDでデコードする。プリデコードアドレス信号は1次キャッシュメモリと2次キャッシュメモリとの間のデコーダスイッチDSWによって導通・遮断されるようにされる。これは、図24のアドレスセレクトSELの機能を実現するためと1次キャッシュメモリをアクセス時のプリデコードアドレス信号の負荷を軽減するためのものである。

【0126】1次キャッシュメモリの記憶容量を小さく、読み出し時間を小さくしているため、アドレス変換バッファTLBで論理アドレスを物理アドレスに変換する時間を考慮しても1次キャッシュメモリの読み出し時間は小さく押さえられる。

【0127】一般的には、ユニファイキャッシュはセパレートキャッシュよりもヒット率が高い。一方、セパレートキャッシュはマイクロプロセッサとキャッシュメモリとのバンド幅を2倍にできる。従って、キャッシュメモリ240は、従来のセパレートキャッシュとユニファイキャッシュの双方の利点を備えることができる。

【0128】《第12の実施例》図26には本発明のキャッシュメモリを用いたマイクロコンピュータMCUと

メインメモリMM1とのシステムの一例が示されている。マイクロコンピュータMCUは、中央処理装置CPUと、浮動小数点処理ユニットFPU1と、乗算器MULTと、メモリ管理ユニットMMU1と、キャッシュメモリコントローラCCNTと、キャッシュメモリCACHEと、32ビットデータバスDBUSと、32ビット論理アドレスバスLABUSと、32ビット物理アドレスバスPABUSと、32ビットデータバスDBSと、外部バスインタフェースEBIF等から構成され、単結晶シリコン等で形成された単一の半導体基板上に形成される。命令キャッシュとデータキャッシュが混在しているキャッシュメモリの例である。マイクロコンピュータMCUとメインメモリMM1とは外部データバスEDBと外部アドレスバスEABとを介して接続される。メインメモリMM1には、例えばDRAM(Dynamic Random Access Memory)や同期型DRAM(Synchronous DRAM)のようなダイナミック型のメモリセルを用いた半導体メモリが使用される。

【0129】キャッシュメモリCACHEは、例えば、4ウェイ・セット・アソシアティブ方式のキャッシュメモリであり、4組のタグ部とデータ部からなる1次キャッシュメモリ部と4組のタグ部とデータ部からなる2次キャッシュメモリ部とから構成され、1次キャッシュメモリ部のビット線と2次キャッシュメモリ部のビット線が階層スイッチを介して接続されている。前記階層スイッチは、キャッシュコントローラCCNTからの信号線によって制御される。1次キャッシュメモリと2次キャッシュメモリとがマイクロコンピュータに内蔵されるため、処理速度の向上が図れる。記憶容量は、1次キャッシュメモリ、2次キャッシュメモリ、メインメモリMM1の順で大きくなり、アクセス時間は、1次キャッシュメモリ、2次キャッシュメモリ、メインメモリMM1の順で大きくなる。1次キャッシュメモリ、2次キャッシュメモリ及びメインメモリMM1でメモリの階層を形成している。

【0130】《第13の実施例》図27には本発明のキャッシュメモリを用いたマイクロプロセッサMPUとメインメモリMM2とのシステムの一例が示されている。マイクロプロセッサMPUは、命令ユニットINSTと、浮動小数点処理ユニットFPU2と、整数処理ユニットIUと、メモリ管理ユニットMMU2と、命令キャッシュメモリINCAと、データキャッシュメモリDCAと、システムインタフェースSIF等から構成され、単結晶シリコン等で形成された単一の半導体基板上に形成される。データキャッシュメモリと命令キャッシュメモリとが分離された例である。マイクロプロセッサMPUとメインメモリMM2とは外部データバスEDB2と外部アドレスバスEAB2とを介して接続される。メインメモリMM2には、メインメモリMM1同様ダイナミック型のメモリセルを用いた半導体メモリが使用され

る。

【0131】命令キャッシュメモリINCAとデータキャッシュメモリDCAとは、図26のキャッシュメモリCACHEと同様な構成とすることができる。1次キャッシュメモリと2次キャッシュメモリとがマイクロプロセッサに内蔵されるため、図26の例と同様に処理速度の向上が図れる。なお、デュアルポートメモリをデータキャッシュメモリDCAに使用した場合は、整数処理ユニットIUと浮動小数点処理ユニットFPUとを別々のデータバスでデータキャッシュメモリDCAに接続すれば、並列演算処理が可能になり、さらに処理速度が向上する。図26の例と同様に1次キャッシュメモリ、2次キャッシュメモリ及びメインメモリMM2でメモリの階層を形成している。

【0132】第12及び第13の実施例のように1次キャッシュメモリと2次キャッシュメモリをマイクロプロセッサ等の半導体データ処理装置に内蔵するため、ヒット率の高いキャッシュメモリが内蔵できる。ヒット率の高いキャッシュメモリを内蔵することによって、負荷の大きいオフチップメモリのアクセスを減少させることができるため、半導体データ処理装置のみならず、半導体データ処理装置を使用する携帯情報機器全体の消費電力を低減することができる。また、オフチップの読み出し時間の長いメモリのアクセスが減少するので、高速化を図ることができる。

【0133】以上本発明者によってなされた発明を実施例に基づいて具体的に説明したが本発明はそれに限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々変更可能であることはいうまでもない。例えば、メモリセルは、スタティック型のメモリセルの替りにダイナミック型のメモリセル、不揮発性のメモリセル又は連想メモリセルを用いてもよい。

【0134】また、メモリアレイMAFのメモリセルはスタティック型のメモリセルを使用し、メモリアレイMASのメモリセルはダイナミック型のメモリセルを使用してもよい。さらに、メモリアレイMAFのメモリセルはスタティック型のメモリセルを使用し、メモリアレイMASのメモリセルは不揮発性のメモリセルを使用してもよい。この場合、メモリアレイMASは主記憶として使用してもよい。大容量DRAMや大容量ROM内蔵のマイコンにおいては、メモリアレイMAFがキャッシュメモリとして動作でき高速動作と低消費電力の効果が得られる。

【0135】さらに、本発明は、キャッシュメモリのみならず、メモリ管理ユニットのアドレス変換バッファのTLB(Translation Look-aside Buffer)にも適用できる。

【0136】

【発明の効果】本願において開示される発明のうち代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば下記

の通りである。

【0137】すなわち、情報を記憶する複数のメモリセルがアレイ状に形成された複数のメモリセルアレイのビット線をスイッチによって接続することにより、メモリセルアレイの一部を高速・低消費電力にアクセスできる。

【0138】また、前記複数のメモリセルアレイ間に包含関係を持たせれば、実効的に高速・低消費電力な半導体メモリ装置およびキャッシュメモリが実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例であるメモリ装置の構成を示す図。

【図2】本発明の第1の実施例であるメモリ装置の動作を示すタイミングチャートの図。

【図3】一般的なメモリ装置の構成を示す概念図。

【図4】本発明の第2の実施例であるメモリ装置の構成を示す図。

【図5】本発明の第2の実施例であるメモリ装置の動作を示すタイミングチャートの図。

【図6】本発明の第3の実施例であるメモリ装置の構成を示す図。

【図7】本発明の第3の実施例であるメモリ装置の動作を示すフローチャートの図。

【図8】本発明の第4の実施例であるメモリ装置の構成を示す図。

【図9】本発明の第5の実施例であるメモリ装置の構成を示す図。

【図10】本発明の第6の実施例であるメモリ装置の構成を示す図。

【図11】本発明の第7の実施例であるメモリ装置の構成を示す図。

【図12】本発明の第8の実施例であるメモリ装置の構成を示す図。

【図13】本発明の第9の実施例であるメモリ装置の構成を示す図。

【図14】メモリセルの静的雑音余裕を示す図。

【図15】読み出し速度の電源電圧依存性を示す図。

【図16】本発明の第10の実施例に係るキャッシュメモリの論理的イメージを示す図。

【図17】本発明の第10の実施例に係るキャッシュメモリの半導体チップ上のレイアウトイメージを示す図。

【図18】本発明の第10の実施例に係るキャッシュメモリのデータアレイの回路を示す図。

【図19】本発明の第10の実施例に係るキャッシュメモリのデータアレイのシミュレーション波形を示す図。

【図20】本発明の第10の実施例に係るキャッシュメモリのデータアレイの消費電力のシミュレーション結果を示す図。

【図21】本発明の第10の実施例に係るキャッシュメモリの試作したチップの特徴を示す図。

【図22】本発明の第10の実施例に係るキャッシュメモリの試作したチップのプロセスとデバイスパラメータを示す図。

【図23】本発明の第10の実施例に係るキャッシュメモリの試作したチップのデータアレイの測定波形を示す図。

【図24】本発明の第11の実施例に係るキャッシュメモリの論理的イメージを示す図。

【図25】本発明の第11の実施例に係るキャッシュメモリのデータアレイの回路を示す図。

【図26】本発明のキャッシュメモリを内蔵したマイクロコンピュータを用いたシステムのブロック図。

【図27】本発明のキャッシュメモリを内蔵したマイクロプロセッサを用いたシステムのブロック図。

【符号の説明】

MAF、MAS、MAT、HA1……メモリセルアレイ、

TAS、TAF、DAS、DAF……メモリセルアレイ、

M……メモリセル、

D……デュアルポートメモリセル、

WS1、WS2、WSp……ワード線、

WS1T、WS2T、WSpT……ワード線、

WF1、WF2、WFa……ワード線、

WL1、WL2、WLr……ワード線、

WT1、WT2、WTu……ワード線、

SA、SAT、SAU……センスアンプ起動信号、

HSW1、HSW2、HSW3……階層指定信号、

BS1、BS2、BSn……ビット線、

BSB1、BSB2、BSBn……ビット線、

BF1、BF2、BFn……ビット線、

BFB1、BFB2、BFBn……ビット線、

BL1、BL2、BLn……ビット線、

BLB1、BLB2、BLBn……ビット線、

SS1、SSB1、SF1、SFB1……ビット線、

BT1、BTB1……ビット線、

BS1T、BSB1T……ビット線、

BF1T、BFB1T……ビット線、

105、106、107、108、109、110……ビット線、

SEL0……セレクト、

SA1、SA2、SA_n、SA1T……センスアンプ、

SA1U、SA2U、SA_nU……センスアンプ、

TSA、DSA……センスアンプ、

HS1、HS2、HS_n……階層スイッチ、

HSB1、HSB2、HSB_n……階層スイッチ、

TH、DH……階層スイッチ、

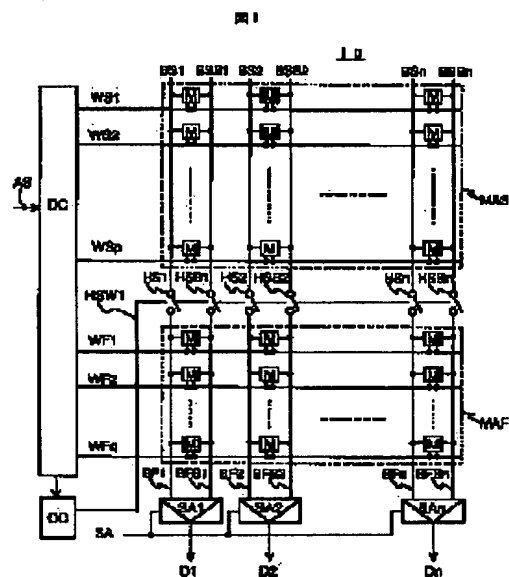
HE1、HEB1、HF1、HFB1、HT1、HTB1……階層スイッチ、

HU1、HUB1……階層スイッチ、

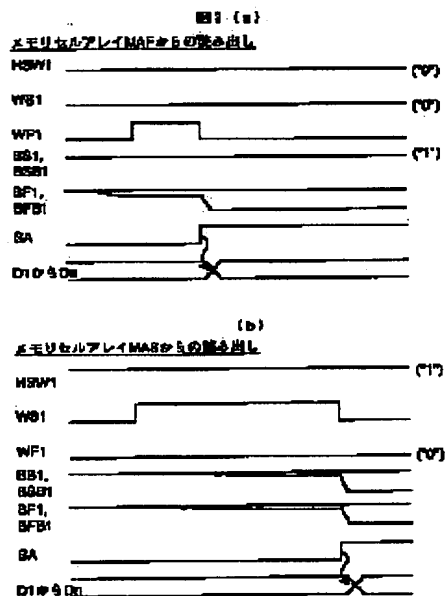
D1、D2、Dn……データ出力、
 D1T、D2T、DnT……データ出力、
 D1U、D2U、DnU……データ出力、
 DB1、DB2、DBn……データ出力、
 DBB1、DBB2、DBBn……データ出力、
 YSW、YSW1、YSW2……Yスイッチ信号、
 EQ1……イコライザ、
 MN1、MN2、MN3、MN4、MP5、MN5、M
 N7、MN8、MN9、MN10、MN11、MN12
 ……NMOSTランジスタ、
 MP1、MP2、MP3、MP4、MP5、MP6、M
 P7、MP8、MP9、MP10、MP11、MP12
 ……PMOSTランジスタ、
 CMP1……比較器、
 HIT……ヒット信号、
 100、101、102、103……デコーダ、

MCU……マイクロコンピュータ、
 CPU……中央処理装置、
 FPU1、FPU2……浮動小数点演算処理ユニット、
 MULT……乗算器、
 MMU1、MMU2……メモリ管理ユニット、
 CCNT……キャッシュメモリコントローラ、
 CACHE……キャッシュメモリ、
 DBUS、DBS……32ビットデータバス、
 LABUS……32ビット論理アドレスバス、
 PABUS……32ビット物理アドレスバス、
 EBI F……外部バスインタフェース、
 MPU……マイクロプロセッサ、
 IU……整数演算処理ユニット、
 INCA……命令キャッシュ、
 DCA……データキャッシュメモリ、
 SIF……システムインタフェース。

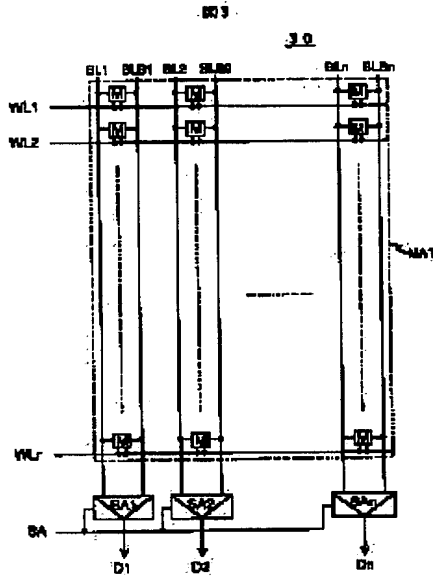
【図1】



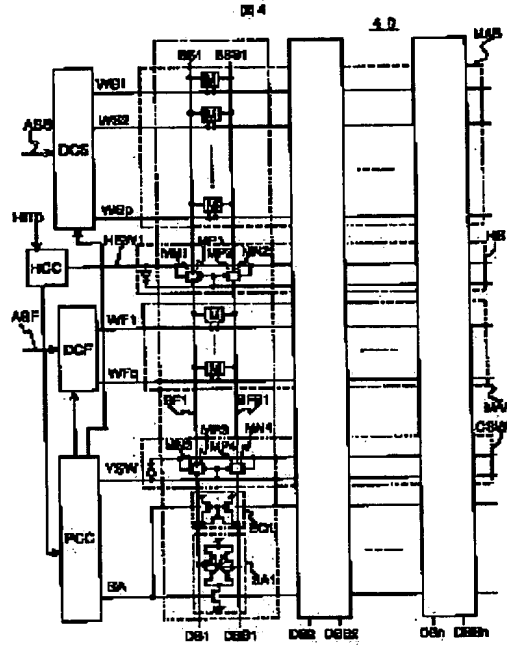
【図2】



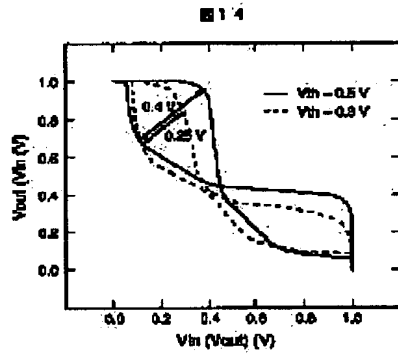
【図3】



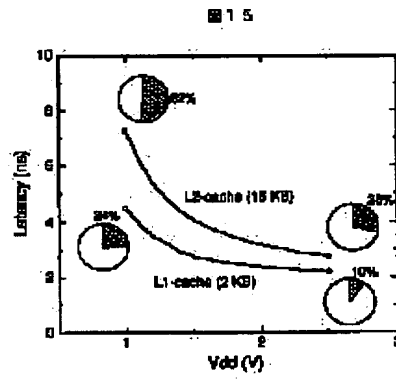
【図4】



【図14】



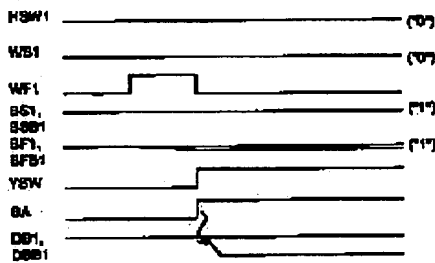
【図15】



【図5】

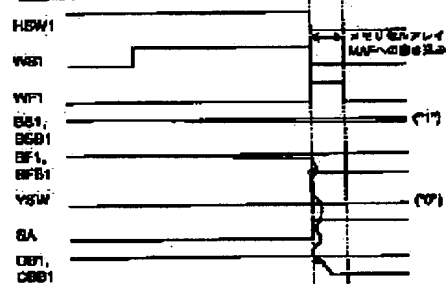
図5 (a)

メモリ読み出し時の信号波形



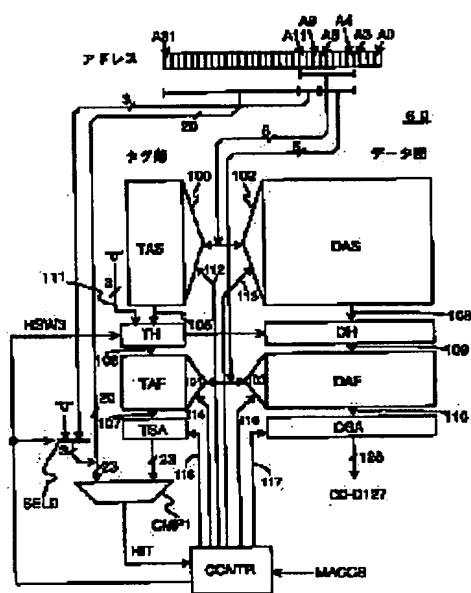
(b)

メモリ読み出し時の信号波形

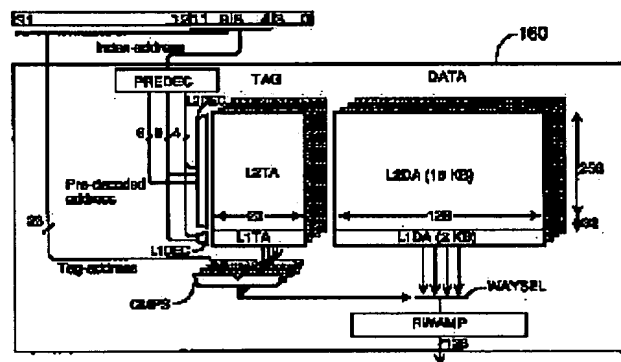


【図6】

図6

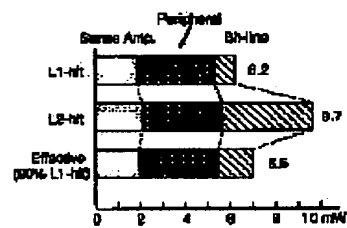


【図16】

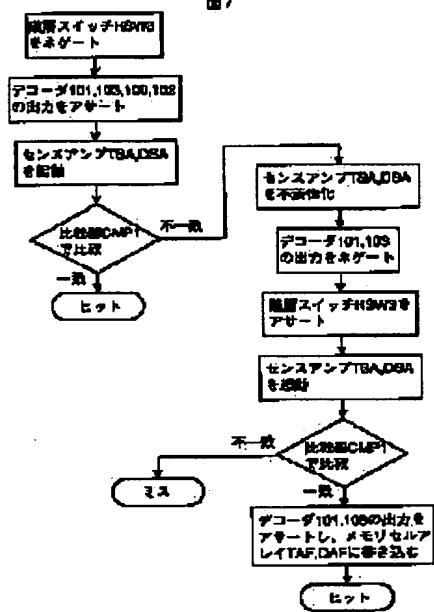


【図20】

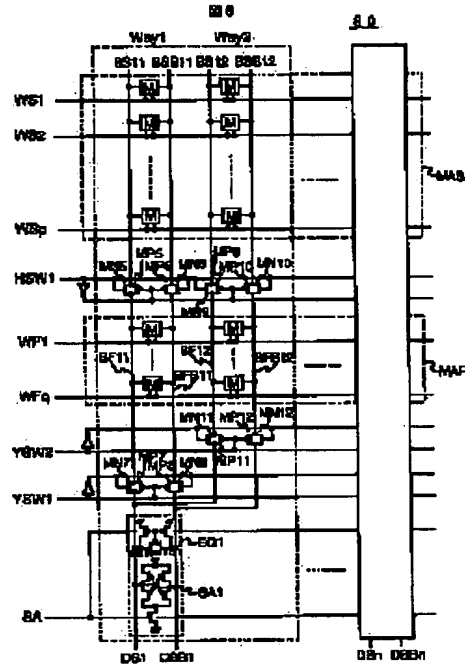
図20



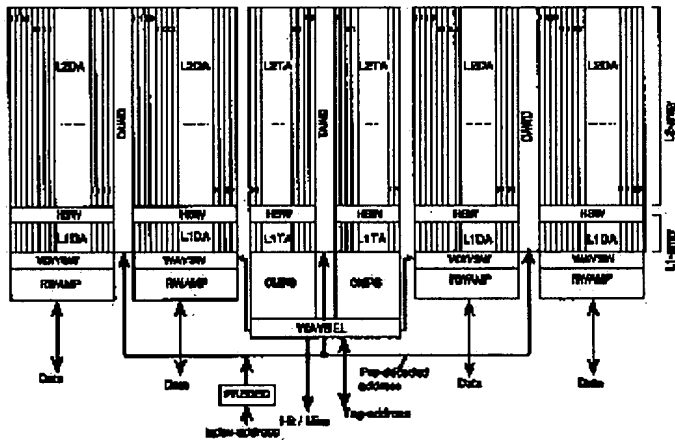
【図 7】



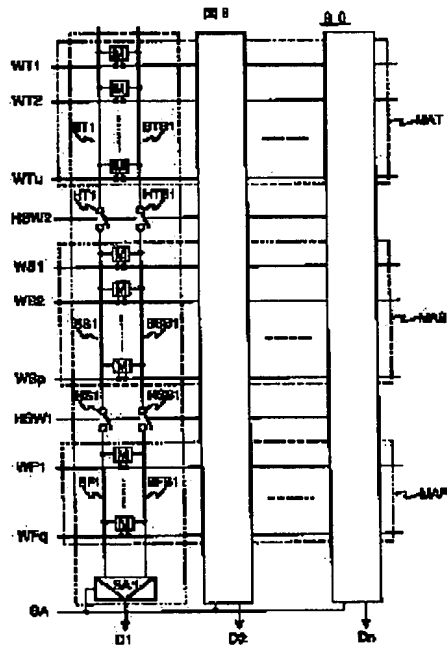
【図 8】



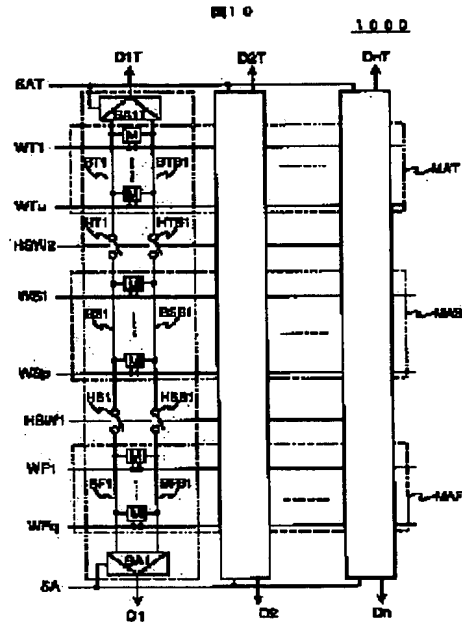
【図 17】



【图 9】

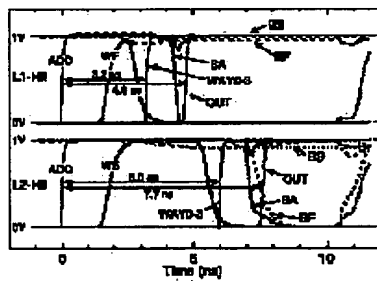


【图 10】



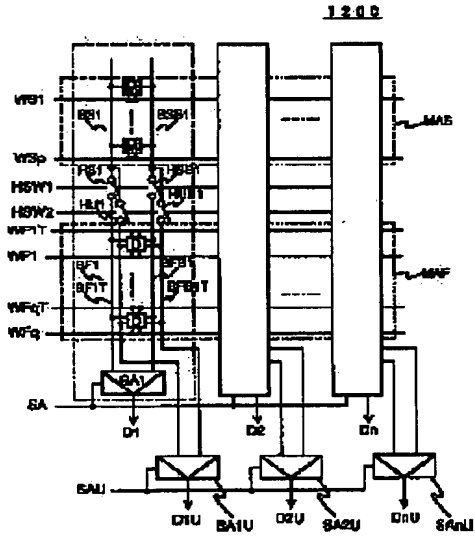
【图 19】

图 19

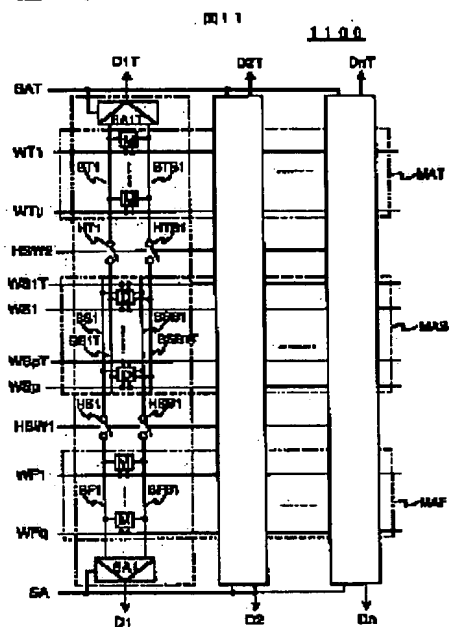


【图 12】

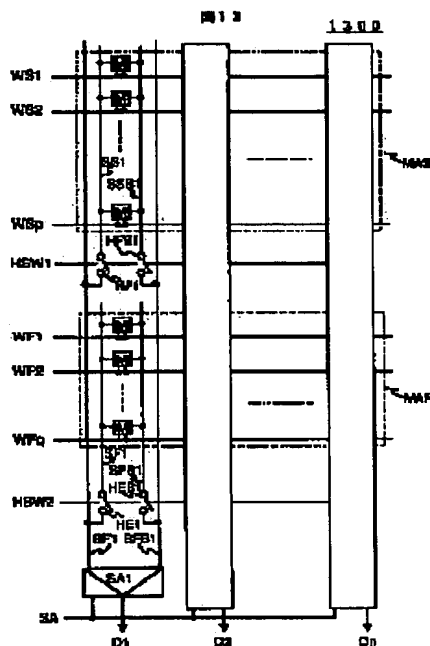
图 12



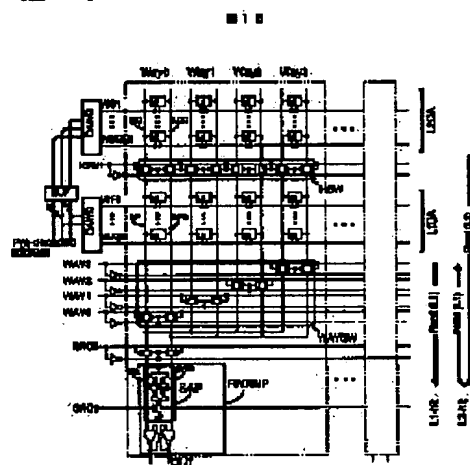
[图 1 1]



[图 1 3]



[图 1 8]



[图 2 1]

图 2 1

Capacity	2 KB (1.1-sec) + 16 KB (1.2-sec)
Associativity	4-way un-associative
Line size	128 b
Power supply	1.6 V, 10 mW (ca 1.5 V, 100 MHz)
Active die area	3.6 × 2.1 mm (7.6 mm ²)

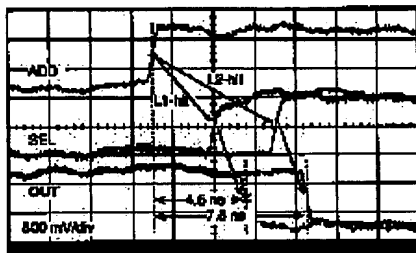
[图 2 2]

图 2 2

Technology	0.25-μm CMOS, 1 poly, 3 metal
Memory cell	4-T1 (4.25 × 3.9 μm)
MOOREST	4.5 nm
V _{DD}	0.3 V (n) / -0.3 V (p), Polysilicon
	0.5 V (n) / -0.5 V (p), Memory cell

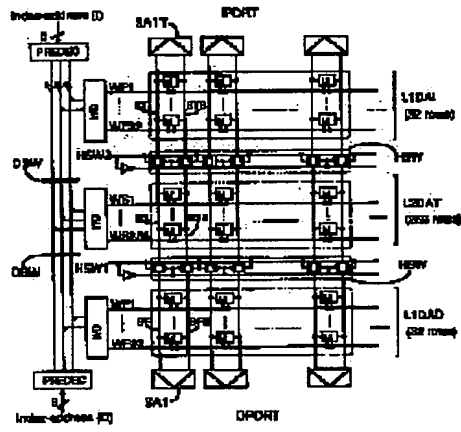
* VTD is logic simulator

圖 23



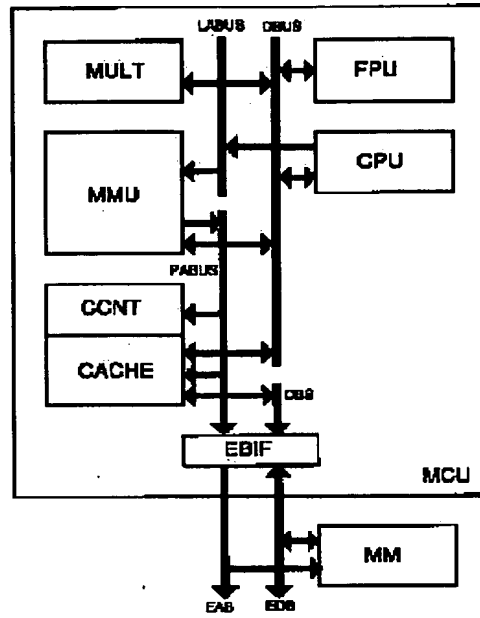
【図 25】

図 25



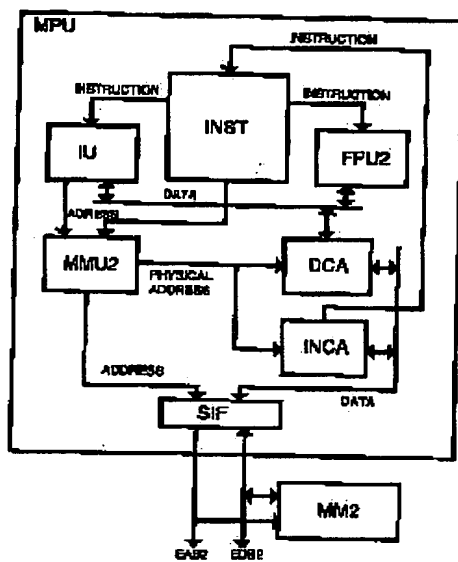
【図 26】

図 26



【図 27】

図 27



フロントページの続き

(72)発明者 長田 健一
東京都国分寺市東恋ヶ窪 1 丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内